

10/5 11 80

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESEN (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
24. Juli 2003 (24.07.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/060994 A1(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01L 21/8242

(72) Erfinder; und

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/00088

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): TEMMLER, Dietmar [DE/DE]; Putbuser Weg 14, 01109 Dresden (DE). GUTSCHE, Martin [DE/DE]; Dammerlberg 18a, 84405 Dorfen (DE). POPP, Martin [DE/DE]; Selliner Strasse 17, 01099 Dresden (DE). SEIDL, Harald [DE/DE]; Bodmerstrasse 5, 85622 Feldkirchen (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
8. Januar 2003 (08.01.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(74) Anwälte: BECK, Josef usw.; Nymphenburger Strasse 139, 80636 München (DE).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 02 138.4 21. Januar 2002 (21.01.2002) DE  
102 17 261.7 18. April 2002 (18.04.2002) DE

(81) Bestimmungsstaaten (national): KR, US.

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE/DE]; St.-Martin-Strasse 53, 81669 München (DE).

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).

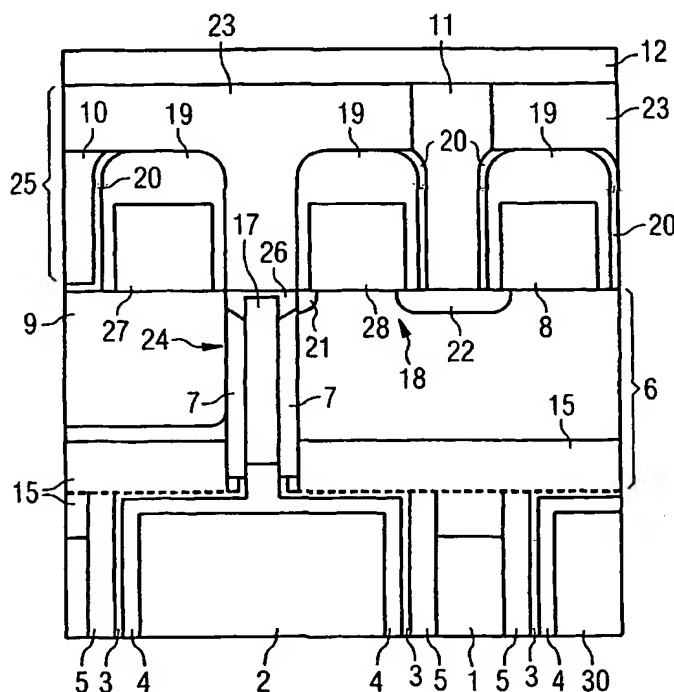
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MEMORY CHIP WITH LOW-TEMPERATURE LAYERS IN THE TRENCH CAPACITOR

(54) Bezeichnung: SPEICHERZELLE MIT NIEDERTEMPERATUR-SCHICHTEN IM GRABENKONDENSATOR



(57) Abstract: Disclosed are memory cells comprising trench capacitors which are filled at least in part with a material that would not withstand high-temperature processes used for producing a memory chip without impairment of the electrical parameters thereof. According to the invention, it is essential to feed said material into the trenches only following the carrying out of the high-temperature processes. The inventive method allows the use of dielectric layers with large dielectric constants and electrode layers made of a metallic material, whereby the inventive trench capacitor has improved electrical characteristics as opposed to trench capacitors known in prior art.

(57) Zusammenfassung: Es werden Speicherzellen mit Grabenkondensatoren beschrieben, wobei der Grabenkondensator mit einem Material mindestens teilweise aufgefüllt ist, das Hochtemperaturprozesse, die bei der Herstellung eines Speicherbausteins verwendet werden, nicht ohne Beeinträchtigung ihrer elektrischen Parameter überstehen könnte. Erfindungswesentlich ist, dass das Material des Grabenkondensators erst nach den Hochtemperaturprozessen in den Graben eingebracht wird. Durch das erfindungsgemäße Verfahren können dielektrische Schichten mit großen Dielektrizitätskonstanten und Elektroden-schichten aus metallischem Material verwendet werden. Somit werden die elektrischen Eigenschaften des

Grabenkondensators gegenüber bekannten Grabenkondensatoren verbessert.

WO 03/060994 A1



— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

## Beschreibung

## SPEICHERZELLE MIT NIEDERTEMPERATUR-SCHICHTEN IM GRABENKONDENSATOR

5

Die Erfindung betrifft einen Speicherbaustein mit einer Grabenkondensator-Speicherzelle gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Grabenkondensator-Speicherzelle gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 7.

Speicherbausteine werden vorzugsweise mit Halbleitertechnik hergestellt und sind mit dynamischen oder statischen Speicherzellen versehen. Eine dynamische Speicherzelle besteht aus einem Auswahltransistor und einem Speicherkondensator. Die Speicherzustände 0 und 1 entsprechen einer positiven oder einer negativen Polung des Speicherkondensators. Da die Kondensatorladung in Folge von Rekombinations- und Leckströmen in einer Zeit von ca. 1 Sekunde abgebaut wird, muss die Ladung immer wieder neu aufgefrischt werden. Der Speicherkondensator ist beispielsweise als Grabenkondensator ausgebildet. Die Besonderheit des Grabenkondensators besteht darin, dass der Kondensator in Form eines Grabens in ein Substrat eingebracht ist. In der Oberfläche des Substrats (Planartransistor) bzw. im oberen Abschnitt des Speichergrabens (Vertikaltransistor) ist der Auswahltransistor zur Ansteuerung des Grabenkondensators angeordnet.

Entsprechende Speicherzellen mit Grabenkondensatoren sind in den Offenlegungsschriften DE 19941147 und DE 19941148 beschrieben. Bei den beschriebenen Speicherzellen ist die Speicherkapazität in Form eines tief in das Halbleitersubstrat eingesenkten Grabens ausgebildet, während die übrigen Funktions- und Verdrahtungselemente der Speichermatrix und der Speicherperipherie oberhalb des Grabens ohne jede störende Topographie auf der planaren Substratoberfläche angeordnet sind. Diese Ausführungsform erleichtert die Strukturierung

der Ebenen oberhalb der Grabenebene. Beispielsweise erlaubt diese Anordnung eine weitergehende Skalierung, d.h. eine weitere Verkleinerung der Strukturen und eine wahlfreie Integration von Speicher- und anderen Funktionen auf dem Chip, ohne  
5 aufwendige, spezifische Prozessanpassungen.

Eine Erhöhung der flächenspezifischen Speicherkapazität bei der Skalierung ist bisher mittels konventioneller Ausdehnung/Erweiterung folgender Lösungen realisiert worden: Die  
10 Dicke des Speicherdielektrikums wird bis unter 5 nm reduziert. Eine weitere Reduktion der Dicke ist jedoch durch Ausbeute-, Leckstrom- und Zuverlässigkeitsprobleme auf ca. 4 nm limitiert.

15 Die Tiefe des Grabens wird bis auf 7  $\mu\text{m}$  vergrößert, was einem Aspektverhältnis von ungefähr 40 entspricht. Damit ist gegenwärtig ein hoher Aufwand für die Herstellung der Ätz-Hartmaske und eine lange Prozesszeit bei den industriell verfügbaren Ätzanlagen unvermeidbar. Eine Vergrößerung des Grabenaspektverhältnisses von  $> 60$  scheint derzeit für eine Serienfertigung nicht realisierbar.  
20

Eine laterale Aufweitung des Grabens wird bis in die Region des Grabenbodens durch anteilig isotropes Ätzen (Botteling)  
25 maximiert. Diese Maßnahme kann erfahrungsgemäß bis zu einem Abstand benachbarter Grabenflanken von etwa 0,6-mal der minimalen Strukturgröße getrieben werden und ist durch Prozessstabilität und Homogenität der Grabenstrukturierung limitiert.  
30

Die durch den Markt getriebene Kostenreduzierung pro Speichereinheit zwingt zur weiteren Erhöhung der Speichergröße durch Erhöhung der Integrationsdichte (Speicherzellen/ Chipfläche). Die damit verbundene Skalierung der Fläche und  
35 Strukturgröße der Speicherzelle und des Speicherkondensators erfordert zunehmend weitere Maßnahmen zur Sicherung der Min-

destkapazität, die bei Grabenkondensatoren bei etwa 35 bis 40 fF liegt.

5 Leseverstärker, die zum Auslesen der im Grabenkondensator gespeicherten Information verwendet werden, erfordern einen ausreichenden Signalpegel für ein zuverlässiges Auslesen der in der Speicherzelle befindlichen Information. Das Verhältnis der Speicherkapazität zur Kapazität der Bitleitung, über die die gespeicherte Information zum Leseverstärker geleitet  
10 wird, ist entscheidend bei der Bestimmung des Signalpegels. Ist die Speicherkapazität zu gering, dann kann die im Grabenkondensator gespeicherte Information nicht mehr eindeutig als Signalpegel vom Leseverstärker auf der Bitleitung erkannt werden.

15 Da die gespeicherte Ladung zudem über Leckströme abfließt, hat eine kleinere Kapazität den Nachteil, dass in kürzeren Zeitabständen die Ladung aufgefrischt werden muss (größere Refreshfrequenz). Wird aufgrund der Leckströme eine Mindestladungsmenge des Speicherkondensators unterschritten, so ist es für den Leseverstärker nicht möglich, die abgespeicherte Information auszulesen.

25 In Speicherzellen mit Grabenkondensatoren sind bisher ausschließlich Materialkombinationen aus dünnen Siliciumdioxid- und Siliciumnitrid- $(\text{Si}_3\text{N}_4)$ -Schichten (NO, ON, ONO) als Speicherdielektrikum und dotierte Polysiliciumschichten als Elektrodenmaterial im Einsatz. Diese Materialien sind hochtemperaturfest und werden durch die Temperaturen, die nach  
30 der Herstellung des Grabenkondensators zur Einbringung eines Transistors erforderlich sind, nicht in ihren Eigenschaften nachteilig verändert.

35 Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Speicherzelle mit einem Grabenkondensator bereitzustellen, der gegenüber den bisher eingesetzten Grabenkondensatoren eine erhöhte Speicherkapazität aufweist: Weiterhin besteht die Aufgabe der

Erfindung darin, ein Verfahren zur Herstellung einer Speicherzelle mit einem Grabenkondensator bereitzustellen, der eine erhöhte Speicherkapazität gegenüber den bisher bekannten Grabenkondensatoren aufweist.

5

Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 und durch die Merkmale des Anspruchs 7 gelöst. Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, dass der Graben mit einer Füllung wenigstens teilweise versehen ist, die bei hohen Temperaturen, die üblicherweise bei der Herstellung eines Transistors angewendet werden, instabil ist.

Vorzugsweise weist die Füllung wenigstens teilweise ein metallisches Material auf. Durch die Verwendung eines metallischen Materials als Elektrodenmaterial wird der Widerstand zum Kontaktieren des Grabenkondensators reduziert. Der kleine Widerstand ermöglicht es, das Signal mit einem Ausleseverstärker zuverlässig detektieren zu können.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform weist die Füllung wenigstens teilweise ein dielektrisches Material mit großen Dielektrizitätskonstanten auf. Dielektrische Materialien mit einer großen Dielektrizitätskonstanten sind üblicherweise nur bis Temperaturen von ungefähr 800°C stabil. Deshalb war bisher die Anwendung der dielektrischen Materialien mit großen Dielektrizitätskonstanten bei der Herstellung einer Speicherzelle in Form eines Grabenkondensators nicht möglich. Da jedoch in der erfindungsgemäßen Ausführungsform der Speicherzelle das dielektrische Material erst nach den Hochtemperaturprozessen in den Graben eingefügt wird, kann es dadurch ohne Probleme in der Trench-Speicherzelle eingesetzt werden. Die Verwendung eines dielektrischen Materials mit einer großen Dielektrizitätskonstante weist den Vorteil auf, dass eine größere Ladungsmenge bei gleich bleibender Fläche des Grabenkondensators speicherbar ist, d.h. die Speicherkapazität des Grabenkondensators wird erhöht.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird sowohl eine metallische Schicht als auch eine dielektrische Schicht mit einer großen Dielektrizitätskonstante eingesetzt. Durch die Kombination der zwei vorteilhaften Materialien wird ein besonders vorteilhafter Grabenkondensator erhalten. Die metallische Schicht sorgt für einen geringen Widerstand bei der Kontaktierung des Grabenkondensators und die dielektrische Schicht sorgt für eine große Ladungskapazität des Grabenkondensators.

Vorzugsweise ist angrenzend an den Graben eine elektrisch leitende Schicht im Substrat ausgebildet, die eine Gegenelektrode des Kondensators bildet. Aufgrund der Anordnung der elektrisch leitenden Schicht nahe an der Füllung des Grabenkondensators wird eine besonders hohe Speicherkapazität erhalten.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der Graben von einer Deckschicht bedeckt, die eine Öffnung zur elektrischen Kontaktierung der Füllung des Grabens aufweist. Auf der Unterseite der Deckschicht ist eine dielektrische Schicht wenigstens teilweise aufgebracht. Auf diese Weise wird auch die Fläche der Deckschicht zur Speicherung der Ladung ausgenutzt. Dadurch wird die Kapazität des Grabenkondensators erhöht.

Das erfindungsgemäße Verfahren gemäß Anspruch 7 weist den wesentlichen Vorteil auf, dass nach der Herstellung des Grabens der Graben mit einer Zwischenfüllung aufgefüllt wird, dass anschließend der Transistor zur Ansteuerung des Grabenkondensators eingebracht wird, dass daraufhin die Zwischenfüllung wieder aus dem Graben entfernt wird und abschließend die dielektrisch wirksame, finale Kondensatorfüllung in den Graben eingebracht wird. Das erfindungsgemäße Verfahren weist den Vorteil auf, dass während der Prozessschritte mit hohen Temperaturen die Zwischenfüllung im Graben eingebracht ist und die dielektrische Schicht und/oder eine Elektrodenschicht

erst nachträglich in den Graben eingebracht werden. Die Zwischenfüllung ist in der Weise ausgewählt, dass sie hohe Temperaturen ohne eine wesentliche Beeinträchtigung ihrer mechanischen Eigenschaften übersteht, dass sie den Graben  
5 nicht nachteilig beeinflusst, und dass sie sich leicht wieder aus dem Graben entfernen lässt. Nach Integration des Transistors wird der Graben mit einer Kondensatorfüllung mindestens teilweise aufgefüllt. Auf diese Weise ist es möglich, als Kondensatorfüllung Materialien zu verwenden, die eine  
10 verbesserte Funktionsweise der Speicherzelle ermöglichen, aber hohe Temperaturen nicht ohne Minderung ihrer Materialqualität vertragen.

Vorzugsweise wird als Kondensatorfüllung ein dielektrisches  
15 Material verwendet, das eine große Dielektrizitätskonstante aufweist. Damit wird die Speicherkapazität des Grabenkondensators erhöht.

In einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird  
20 vorzugsweise zur Kontaktierung der dielektrischen Schicht eine metallische leitende Schicht als Elektrode in den Graben eingebracht. Die Verwendung der metallischen Schicht ist nur deshalb möglich, weil sie erst nach den Hochtemperaturprozessen eingebracht wird. Die metallische Schicht weist den Vor-  
25 teil auf, dass ein geringerer Widerstand zur Kontaktierung des Grabenkondensators erreicht wird.

Vorzugsweise wird zum Entfernen der Zwischenfüllung ein Kanal eingeätzt und die Seitenwände des Kanals mit einer Schutz-  
30 schicht bedeckt. Anschließend wird die Zwischenfüllung aus dem Graben über den Kanal herausgeätzt. Auf diese Weise ist eine einfache Entfernung der Zwischenfüllung möglich.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher  
35 erläutert. Es zeigen  
Fig. 1 einen Querschnitt durch einen ersten Speicherbaustein mit einer ersten Speicherzelle,



Fig. 2 eine Ansicht von oben auf den ersten Speicherbaustein,  
Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Verfahrensablaufs  
zur Herstellung einer ersten Speicherzelle,  
Fig. 4 einen Querschnitt durch einen Speicherbaustein mit  
5 einer zweiten Speicherzelle,  
Fig. 5 eine Ansicht von oben auf den zweiten Speicherbau-  
stein,  
Fig. 6 einen schematischen Verfahrensablauf zur Herstellung  
der Speicherzelle des zweiten Speicherbausteins und  
10 Fig. 7 einen schematischen Verfahrensablauf zur Herstellung  
einer dritten Speicherzelle.

Fig. 1 zeigt einen Teil eines Querschnitts durch einen Spei-  
cherbaustein, der in Form eines DRAM ausgebildet ist. In dem  
15 Ausschnitt ist eine Speicherzelle bestehend aus einem Tran-  
sistor und einem Grabenkondensator dargestellt. Der Graben-  
kondensator weist einen Graben 2 auf, der in ein Halbleiter-  
substrat 1 eingebracht ist. Das Halbleitersubstrat 1 ist  
üblicherweise in Form eines Siliciumwafers ausgebildet. Der  
20 Graben 2 weist einen rechteckförmigen Querschnitt auf, wobei  
in den Seitenwänden, die den Graben 2 begrenzen, vertikale  
Plate-Dotierzonen 5 eingebracht sind. Die vertikalen Plate-  
Dotierzonen 5 stellen erste Dotierzonen dar und sind an den  
Seitenwänden des Grabens 2 ausgebildet. Im oberen Bereich des  
25 Grabens 2 sind angrenzend an die vertikalen Plate-Dotierzonen  
5 horizontale Plate-Dotierzonen 15 angeordnet, die zweite  
Dotierzonen darstellen, die im wesentlichen horizontal ausge-  
bildet sind und sowohl seitlich zu einer vertikalen Plate-  
Dotierzone 5 als auch über dem Graben 2 in einer Epitaxie-  
30 schicht 6 ausgebildet sind. Die Epitaxieschicht 6 ist im  
wesentlichen als epitaktische Siliciumschicht ausgebildet.  
Die vertikale und horizontale Plate-Dotierzone 5, 15 stellen  
eine zweite Elektrode des Grabenkondensators dar. Auf der  
Innenwand des Grabens 2 ist ein Speicherdielektrikum 3 aufge-  
35 bracht. Vorzugsweise bedeckt das Speicherdielektrikum 3 die  
gesamte Wandung des Grabens 2. Im oberen Bereich mündet der  
Graben 2 in einen Strap-Kanal 24, der vorzugsweise senkrecht

durch die Epitaxieschicht 6 nach oben bis zu einer Zwischenisolationsschicht 23 geführt ist. Der Strap-Kanal 24 wird seitlich von der Epitaxieschicht 6 begrenzt. Weiterhin ist in einem vorgegebenen Abstand von der Unterkante des Strap-

5 Kanals 24 ein Isolationskragen 7 im Strap-Kanal 24 angeordnet. Der Isolationskragen 7 ist hülsenförmig ausgebildet und reicht bis zu einem vorgegebenen Abstand von der Oberseite der Epitaxieschicht 6. Das Speicherdielektrikum 3 ist auch auf der Unterseite der Epitaxieschicht 6 über dem Graben 2

10 angeordnet und vorzugsweise bis zur Unterkante des Isolationskragens 7 geführt. Auf der Innenseite des Speicherdielektrikums 3 ist eine Grabenelektrode 4 angeordnet, die ebenfalls bis in den Strap-Kanal 24 geführt ist. Die Grabenelektrode 4 stellt eine Elektrode des Grabenkondensators dar.

15 Vorzugsweise ist die Grabenelektrode 4 nach oben in dem Strap-Kanal 24 bis über die Unterkante des Isolationskragens 7 geführt. Im Strap-Kanal 24 ist eine leitfähige Strap-Füllung 17 angeordnet, die nach oben bis knapp unter die Oberkante der Deckschicht 6 geführt ist. Die Strap-Füllung 17

20 ist im oberen Endbereich von einer Strap-Kappe 26 umgeben, die aus einem leitenden Material gefertigt ist. Die Strap-Kappe 26 ist in Form einer Hülse mit Endplatte ausgebildet und liegt mit einem Hülsenrand auf dem Isolationskragen 7 und mit der Endplatte auf der Strap-Füllung 17 auf. Die Strap-

25 Kappe 26 schließt etwa mit der Oberkante der Epitaxieschicht 6 ab.

Die Epitaxieschicht 6 besteht im wesentlichen aus einer Siliciumschicht, die über dem Graben 2 angeordnet ist und in

30 deren unteren Bereich die horizontale Plate-Dotierzone 15 angeordnet ist. Die horizontale Plate-Dotierzone 15 grenzt sowohl seitlich an den Strap-Kanal 24 als auch an die vertikale Plate-Dotierzone 5. Die Epitaxieschicht 6 weist im linken Bereich neben dem Strap-Kanal 24 eine STI-Feldisolationsschicht 9 auf, die bis zur Oberkante der Epitaxieschicht 6

35 geführt ist. Im rechten Bereich neben dem Isolationskragen 7 ist angrenzend an die Strap-Kappe 26 ein Drain-Gebiet 21 aus-

gebildet. In einem vorgegebenen seitlichen Abstand ist rechts davon ein Source-Gebiet 22 angrenzend an die Oberkante der Epitaxieschicht 6 angeordnet.

5 In einer dritten Schicht 25 ist angrenzend an die Feldisolationsschicht 9 eine passive Wortleitung 27 angeordnet, die von einer Wortleitungsdeckisolation 19 bedeckt ist. Die Wortleitungsdeckisolation 19 ist auf der linken Seite von einer Versiegelungsschicht 20 bedeckt, auf der wiederum eine erste  
10 Isolationsfüllung 10 aufgebracht ist. In einem vorgegebenen Abstand zur passiven Wortleitung 27 ist eine aktive erste Wortleitung 28 rechts neben dem Strap-Kanal 24 in der dritten Schicht 25 angeordnet. Die erste aktive Wortleitung 28 liegt auf einer Oxidschicht auf, die auf der Epitaxieschicht 6 an-  
15 geordnet ist. In zwei gegenüberliegenden Randbereichen ist die erste aktive Wortleitung 28 über dem Drain-Gebiet 21 und dem Source-Gebiet 22 angeordnet. Die erste Wortleitung 28, das Drain- und Source-Gebiet 21, 22 und der Bereich der Epitaxieschicht 6, der unter der ersten aktiven Wortleitung  
20 angeordnet ist, stellen einen Transistor 18 dar.

Rechts neben der ersten aktiven Wortleitung 28 ist in einem vorgegebenen Abstand eine weitere aktive Wortleitung 8 in der dritten Schicht 25 angeordnet. Die weitere aktive Wortleitung  
25 8 ist durch eine Oxidschicht getrennt von der Epitaxieschicht 6 und mit einem linken Randbereich über dem Source-Gebiet 22 angeordnet. Die erste und die weitere Wortleitung 28, 8 sind jeweils von einer Wortleitungsdeckisolation 19 bedeckt. Die Wortleitungsdeckisolation 19 ist im seitlichen Randbereich  
30 wiederum mit einer Versiegelungsschicht 20 abgedeckt, die vom oberen Endbereich der Wortleitungsdeckisolation 19 bis zur Oberkante der Deckschicht 6 geführt ist. Zwischen der ersten und weiteren Wortleitung 28, 8 ist über dem Source-Gebiet 22 ein Bitleitung-Plug 11 in der dritten Schicht 25 angeordnet,  
35 die bis zur Oberkante der dritten Schicht 25 geführt ist. Der Bitleitung-Plug 11 stellt einen Kontaktanschluss dar. Die weiteren Bereiche der dritten Schicht 25 sind durch die

Zwischenisolation 23 ausgefüllt. Auf der dritten Schicht 25 ist eine Bitleitung 12 aufgebracht. Die Bitleitung 12 steht in leitendem Kontakt mit dem Bitleitungs-Plug 11.

5 Die Funktionsweise der Speicherzelle der Fig. 1 ist wie folgt: In dem Grabenkondensator, der von dem Speicher-  
dielektrikum 3, der Grabenelektrode 4 und der vertikalen und  
horizontalen Plate-Dotierzone 5, 15 gebildet wird, ist eine  
Ladung gespeichert. Soll die Ladung ausgelesen werden, so  
10 wird die erste Wortleitung 28 mit einer vorgegebenen Spannung beaufschlagt, so dass der Transistor 18 bestehend aus der  
ersten Wortleitung 28, dem Drain-Gebiet 21 und dem Source-  
Gebiet 22 elektrisch leitend geschaltet wird. Da das Drain-  
Gebiet 21 elektrisch leitend über die Strap-Kappe 26, die  
15 leitende Strap-Füllung 17 mit der Grabenelektrode 4 verbunden ist, wird die im Grabenkondensator gespeicherte elektrische  
Ladung über den Transistor 18 und den Bitleitungs-Plug 11 auf  
die Bitleitung 12 übertragen. Die Bitleitung 12 ist üblicher-  
weise mit einem Leseverstärker verbunden, der aufgrund der im  
20 Grabenkondensator gespeicherten Ladung den Spannungspegel auf  
der Bitleitung 12 erfasst und weitergibt. Durch die Ausbil-  
dung der Grabenelektrode 4 in Form eines metallischen  
Materials wird der Ohmsche Widerstand zum Kontaktieren des  
Grabenkondensators erheblich reduziert.

25 Weiterhin bietet die Ausbildung des Speicherdielektrikums 3  
in Form eines dielektrischen Materials mit einer großen  
Dielektrizitätskonstante den Vorteil, dass eine größere La-  
dungsmenge bei gleichen Dimensionen im Grabenkondensator ge-  
30 speichert werden kann. Aufgrund des erfindungsgemäßen Her-  
stellungsverfahrens kann als dielektrisches Material für das  
Speicherdielektrikum ein Material verwendet werden, das nur  
bis zu einer relativ geringen Höchsttemperatur von beispiels-  
weise 800 bis 1050°C stabil ist. Als bevorzugte Materialien  
35 werden binäre Oxide, wie z.B. Tantaloxid ( $Ta_2O_5$ ) mit einer  
Dielektrizitätskonstanten von 25 bis 26 und einer Temperatur-  
stabilität von 800°C verwendet. Weiterhin ist die Verwendung

von Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) mit einer Dielektrizitätskonstanten von 10 und einer Temperaturstabilität von bis zu  $830^\circ\text{C}$  als Speicherdielektrikum 3 vorteilhaft.

5 Als weiteres Material wird vorzugsweise Hafniumoxid ( $\text{HfO}_2$ ) mit einer Dielektrizitätskonstanten von 15 bis 40 als Speicherdielektrikum 3 verwendet. Weiterhin bietet sich Zirkoniumoxid ( $\text{ZrO}_2$ ) an, das eine Dielektrizitätskonstante von 11 bis 25 aufweist. Zudem kann auch Lanthanoxid ( $\text{La}_2\text{O}_3$ ) mit ei-  
10 ner Dielektrizitätskonstanten von 20 bis 30 als Speicherdielektrikum 3 verwendet werden. Bei der Verwendung von Lanthanoxid ist jedoch zu beachten, dass Lanthanoxid keine gesicherte Stabilität gegenüber Wasserstoff aufweist. Zudem kann zur Ausbildung des Speicherdielektrikums 3 auch Yttrium-  
15 oxid ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) verwendet werden, das eine Dielektrizitätskonstante von 12 bis 15 aufweist.

Weiterhin kommen zur Ausbildung als Speicherdielektrikum 3 noch Aluminiumoxidverbindungen in Frage. Die Verbindungen mit  
20 Hafnium, Zirkonium und Lanthan sind besonders für die Ausbildung des Speicherdielektrikums 3 geeignet. Beispielsweise können die Materialverbindungen  $\text{Hf-Al-O}$ ,  $\text{Zr-Al-O}$ ,  $\text{La-Al-O}$  verwendet werden.

25 Weiterhin kann das Speicherdielektrikum 3 auch aus Silicatverbindungen wie z.B.  $\text{Hf-Si-O}$ ,  $\text{Zr-Si-O}$ ,  $\text{La-Si-O}$  oder  $\text{Y-Si-O}$  hergestellt werden. Vorzugsweise wird die Materialverbindung  $\text{Hf}_7\text{Si}_{29}\text{O}_{64}$  mit einer Temperaturstabilität von bis zu  $1050^\circ\text{C}$  verwendet. Auch die Materialverbindung  $\text{Zr}_4\text{Si}_{31}\text{O}_{65}$  ist bis zu  
30 einer Temperatur von  $800^\circ\text{C}$  stabil. Zudem eignet sich eine 30%ige Lanthanoxid-Siliciumoxid-Verbindung. Ebenso ist eine 70%ige Siliciumoxid-Silicium-Sauerstoff-Verbindung bis zu einer Temperatur von  $1000^\circ\text{C}$  stabil und als Speicherdielektrikum 3 geeignet. Auch ist eine 30%ige Hafniumoxid-Silicium-Sauerstoff- und eine 70%ige Siliciumoxid-Silicium-Sauerstoff-  
35 Verbindung als Speicherdielektrikum 3 geeignet und bis zu einer Temperatur von  $1000^\circ\text{C}$  stabil. Lanthandioxidsilicat und

Siliciumdioxidsilicat weisen eine Dielektrizitätskonstante von 14 auf. Hafniumdioxidsilicat und Siliciumdioxidsilicat weisen eine Dielektrizitätskonstante von 7 auf.

5 Weitere Materialverbindungen, die als dielektrisches Material für das Speicherdielektrikum 3 geeignet sind, sind beispielsweise  $\text{Y}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$  mit einer Dielektrizitätskonstanten von 30 und Strontiumtitanoxid ( $\text{SrTiO}_3$ ) mit einer Dielektrizitätskonstanten von 175. Strontiumtitanoxid ist bis zu einer Temperatur  
10 von 800°C stabil.

Die Grabenelektrode 4 wird vorzugsweise aus dotiertem Polysilicium oder aus einer Metallverbindung hergestellt. Aufgrund des erfindungsgemäßen Verfahrens werden das Speicher-  
15 dielektrikum 3 und/oder die Grabenelektrode 4 nach den Prozessschritten in den Graben 2 eingebracht, die eine hohe Temperatur erfordern. Dies sind beispielsweise die Prozesse zur Integration des Transistors. Nach dem Einbringen der Speicher-  
20 dielektrikumschicht 3 und der Grabenelektrodenschicht 4 werden nur noch Prozessschritte mit geringeren Temperaturen durchgeführt, die die temperatursensitiven dielektrischen und metallischen Materialien des Speicherdielektrikums 3 und der Grabenelektrode 4 nicht beschädigen.

25 Fig. 2 zeigt eine Ansicht von oben auf den Speicherbaustein der Fig. 1, wobei schematisch verschiedene Bereiche der Speicherzelle eingezeichnet sind. Es ist eine passive Wortleitung 27 dargestellt, die mit der Wortleitungsdeckisolation 19 bedeckt ist. Neben der passiven Wortleitung 27 ist die aktive  
30 erste Wortleitung 28 angeordnet, die ebenfalls von einer Wortleitungsdeckisolation 19 bedeckt ist. In Form einer gestrichelten Linie ist die Form des Grabens 2 angedeutet. In Form einer durchgehenden Linie ist ein aktives Gebiet 59 angedeutet, das in der Epitaxieschicht 6 ausgebildet ist und  
35 sich bis über zwei Gräben 2, 30 erstreckt. Das aktive Gebiet 59 kennzeichnet einen Bereich der Epitaxieschicht 6, der zwischen zwei nebeneinander angeordneten Gräben 2, 30 ange-

ordnet ist, und in dem zwei Transistoren mit der ersten und der weiteren Wortleitung 28, 8 als Steueranschlüsse ausgebildet sind. Neben der ersten aktiven Wortleitung 28 ist der Bitleitungs-Plug 11 eingezeichnet. Rechts neben dem Bit-

5 leitungs-Plug 11 ist die zweite aktive Wortleitung 8 angeordnet, die ebenfalls von einer Wortleitungsdeckisolation 19 bedeckt ist. Die ersten und weiteren Wortleitungen 28, 8 sind parallel zueinander angeordnet. Die senkrecht zu den Wort-

10 leitungen angeordneten Bitleitungen 12 sind in Fig. 2 nicht dargestellt. Die weitere Wortleitung 8 ist teilweise über einem weiteren Graben 30 angeordnet, der ebenfalls in Form einer gestrichelten Linie angedeutet ist. Der Anschluss des weiteren Grabens 30 an einen weiteren Transistor, der durch die zweite Wortleitung 8 gebildet wird, ist entsprechend dem

15 Anschluss des Grabens 2 an die erste Wortleitung 28 ausgebildet.

Fig. 3 zeigt die wesentlichen Prozessschritte zum Herstellen der erfindungsgemäßen Speicherzelle der Fig. 1. Dabei wird in

20 ein beispielsweise P-leitendes Siliciumsubstrat 1 mit Lithographie- und Ätzverfahren über eine Hartmaske ein Graben 2 eingeätzt. Dazu ist das Siliciumsubstrat 1 mit einer Siliciumdioxidschicht und einer Siliciumnitridschicht als Hartmaske beschichtet. Nach der Maskenentfernung und der Reinigung wird

25 z.B. mittels einer mit Arsen dotierten Glasschicht 31 und folgendem Diffusionsprozess die vertikale Plate-Dotierzone 5 in den Seitenwänden des Grabens 2 erzeugt. Anschließend wird eine Dummy-Füllung 32 bis zur vollständigen Verfüllung des Grabens 2 abgeschieden. Die Dummy-Füllung 32 ist vorzugsweise

30 aus Siliciumdioxid gebildet und für große Nassätzraten optimiert.

In einer ersten Ausgestaltung des Verfahrens wird der Graben 2 im oberen Abschnitt durch ein anteiliges isotropes Ätzver-

35 fahren geringfügig bauchig geätzt, so dass ein negativer Flankenwinkel erzeugt wird. Dadurch nimmt der Querschnitt der Grabenöffnung nach unten zu. Durch die bauchige Form im

oberen Bereich des Grabens 2 wird der Graben 2 durch die Dummy-Füllung 32 geschlossen, noch bevor tiefer liegende Abschnitte des Grabens 2 vollständig verfüllt sind. Dadurch verbleibt im unteren Bereich des Grabens 2 entlang dessen Symmetrieachse ein ausgedehnter Lunker, d.h. ein Hohlraum, der die spätere restlose Herauslösung der Dummy-Füllung 32 wesentlich erleichtert. Dieser Effekt kann durch ein akon-  
5 formes Abscheideverfahren mit in der Tiefe des Grabens stark abfallenden Abscheideraten des auf die Glasschicht 31 abgeschiedenen Siliciumoxids noch verstärkt werden. Fig. 3B zeigt die Anordnung eines aufgefüllten Grabens 2 mit einem Lunker  
10 60.

In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird anstelle des Siliciumoxids auf die Glasschicht 31 zunächst eine Siliciumschicht abgeschieden. Die Siliciumschicht wird dann bis knapp unter das Niveau der Oberfläche des Siliciumsubstrats 1 planar zurückgeätzt. Anschließend wird erst eine Siliciumdioxidschicht abgeschieden. Somit besteht in diesem Aus-  
15 führungsbeispiel die Dummy-Füllung aus der Glasschicht 31 und einer als Siliciumschicht ausgebildeten Zwischenfüllung, die von einem Siliciumoxid bedeckt ist.  
20

Anschließend wird die Dummy-Füllung 32 über ein planares Rückätzverfahren bis auf das Niveau der Oberfläche des Siliciumsubstrats 1 zurückgeätzt. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 3A dargestellt.  
25

Daraufhin wird die Nitridschicht und die Oxidschicht entfernt und eine einkristalline Siliciumschicht als Epitaxieschicht 6 auf den offenen Bereich des Siliciumsubstrats 1 und über den mit der Dummy-Füllung versehenen Graben 2 mit homogener Dicke ausgebildet. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 3C dargestellt. Vorzugsweise wird zur Abscheidung der Siliciumschicht  
30 ein selektives, epitaktisches Abscheideverfahren verwendet, das genauer in der Offenlegungsschrift DE 19941148 beschrieben ist.  
35



In einem folgenden Verfahrensschritt wird mittels einer Ionenimplantation in die Epitaxieschicht die horizontale Plate-Dotierzone 15 eingebracht, die n-dotiert ist. Dieser  
5 Verfahrensstand ist in Fig. 3D dargestellt. Anschließend wird eine STI-Feldisolationsschicht 9 über einem linken Teilbereich des Grabens 2 in die Epitaxieschicht 6 eingebracht. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 3E dargestellt. Die Feldisolationsschicht 9 reicht bis zu einem vorgegebenen Abstand  
10 zur horizontalen Plate-Dotierzone 15 und ist bis an die Obergrenze der Epitaxieschicht 6 geführt. Die Feldisolationsschicht 9 erstreckt sich seitlich bis über einen Teil des Grabens 2.

15 Anschließend werden eine passive Wortleitung 27 und eine erste und weitere aktive Wortleitung 28, 8 auf die Epitaxieschicht 6 aufgebracht. Die Wortleitungen werden mit Wortleitungsdeckisolationsschichten 19 abgedeckt. Anschließend wird nach bekannten Verfahren, wie beispielsweise in DE  
20 19941148 beschrieben, das Drain-Gebiet 21 und das Source-Gebiet 22 in die Epitaxieschicht 6 eingebracht. Das Einbringen des Drain- und Source-Gebietes 21, 22 erfolgt nach bekannten Dotierverfahren und einer anschließenden Hochtemperaturdiffusionsphase. Zusätzlich wird auf die Wortleitungsdeckisolationsschicht 19 eine Versiegelungsschicht 20 aufge-  
25 bracht. Das Drain-Gebiet 21, das Source-Gebiet 22 und die erste aktive Wortleitung 28 bilden einen ersten Transistor 18. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 3F dargestellt.

30 In einem folgenden Verfahrensschritt wird eine erste Isolationsfüllung 10 zwischen die passive Wortleitung 27 und die erste aktive Wortleitung 28 eingebracht. Zudem wird zwischen die erste und die zweite aktive Wortleitung 28, 8 ein leitender Bitleitungs-Plug 11 eingebracht. Die erste Isolationsfüllung 10 und der Bitleitungs-Plug 11 werden bis auf die  
35 Oberkante der Versiegelungsschicht 20 abgeätzt. Daraufhin wird der Bitleitungs-Plug 11 einem Ausheilungsprozess unter-

zogen. Dieser Prozess stellt im wesentlichen die letzte Hochtemperaturbelastung dar. Anschließend wird eine Strapfenster-Maske 61 bestehend aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$  und eine Strapfenster-Hartmaske 63 bestehend aus  $\text{SiO}_2$  auf das Substrat aufgebracht. Über dem Zwischenbereich zwischen der passiven Wortleitung 27 und der aktiven Wortleitung 28 wird ein Kontaktfenster in die Strapfenster-Maske und die Strapfenster-Hartmaske 61, 63 eingebracht. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 3G dargestellt. Anschließend wird der Bereich zwischen der passiven Wortleitung 27 und der ersten aktiven Wortleitung 28 freigeätzt und die erste Isolationsfüllung 10 zwischen der ersten aktiven und der passiven Wortleitung entfernt. Zudem wird die Strapfenster-Hartmaske 63 entfernt. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 3H dargestellt.

Anschließend wird ein Strap-Kanal 24 durch die Deckschicht 6 bis an die Oberkante des aufgefüllten Grabens 2 geätzt. Dieser Verfahrenszustand ist in Fig. 3I dargestellt.

Bei dem folgenden Prozessschritt wird die Seitenwand des Strap-Kanals 24 mit einer dünnen Ätzkanalschutzschicht 62 bedeckt. Die Ätzkanalschutzschicht 62 ist als Nitridschicht ausgebildet und bis an die Oberkante der Dummy-Füllung 32 geführt. Dieser Verfahrenszustand ist in Fig. 3J dargestellt.

Anschließend wird die Ätzkanalschutzschicht 62 durch ein anisotropes, selektives Plasmaätzen von der Oberfläche der Dummy-Füllung wieder entfernt.

Bei einem folgenden Prozessschritt wird die Dummy-Füllung und die Glasschicht mittels eines isotropen Ätzvorganges aus dem Graben 2 restlos entfernt, indem der für den späteren Strapanschluss notwendige, zwischen aktiver und passiver Wortleitung 27, 28 angeordnete Abstand temporär als versiegelter Ätzkanal ausgenutzt wird. Bei diesem Prozessschritt sind alle sonst auf dem Speicherbaustein offenliegenden Oberflächen gegen die Ätzlösung, die zum Herauslösen der Zwischenfüllung

verwendet wird, resistent ausgebildet oder durch eine Versiegelungsschicht abgedeckt. Dieser Verfahrenszustand ist in Fig. 3K dargestellt.

- 5 Nach der Reinigung der Innenwand des Grabens 2 erfolgt vorzugsweise eine konforme Abscheidung des Speicherdielektrikums 3 und anschließend eine Abscheidung der Grabenelektroden-  
schicht 4. Vorzugsweise werden das Speicherdielektrikum 3 und die Grabenelektrode 4 nach einem Atomic Layer Deposition-Ver-  
fahren (ALD) abgeschieden. Dieser Verfahrenszustand ist in  
10 Fig. 3L dargestellt. In Fig. 3L ist zu erkennen, dass das Material, das die Grabenelektrode 4 bildet, auch den Strap-Kanal 24 füllt.
- 15 Anschließend wird die Grabenelektroden-schicht 4 selektiv bis kurz über die Oberkante des Grabens 2 zurückgeätzt. Dann wird die zurückgeätzte Grabenelektroden-schicht 4 als Ätzmaske für die isotrope Entfernung der freiliegenden Bereiche des Speicherdielektrikums 3 verwendet. Dabei wird die Ätzkanalschutz-  
20 schicht 62 als Ätzmaske in diesem Prozess eingesetzt. Der Verfahrenszustand ist in Fig. 3M dargestellt.

- In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die selektive Rückätzung der Grabenelek-  
trode 4 bis kurz unter die Oberkante des Grabens 2, wodurch  
25 der Graben 2 wieder geöffnet wird. Danach erfolgt erneut eine Abscheidung der Grabenelektrode 4, so dass die Dicke der Grabenelektrode 4 im Graben 2 in vorteilhafter Weise vergrößert wird. Dieser Prozesszyklus von Abscheidung und Rückätzung der  
Grabenelektrode 4 kann bei Bedarf mehrfach durchgeführt wer-  
30 den. Dabei ist jedoch die letzte abgeschiedene Grabenelektroden-schicht 4 bis kurz über die Oberkante des Grabens zurückzuätzen, wie in Fig. 3M dargestellt ist. Eine größere Dicke der Grabenelektrode 4 im oberen Bereich des Grabens 2  
35 weist einen besonders geringen Ohmschen Widerstand zur Kontaktierung der im Graben 2 befindlichen Grabenelektrode 4 auf. Somit ist diese Ausführungsform besonders vorteilhaft

für eine Kontaktierung des Grabenkondensators mit einem geringen Ohmschen Widerstand.

Im Anschluss daran erfolgt die Ausbildung der Strap-Füllung 17, die von einem Isolationskragen 7 umgeben ist. Dazu wird  
5 17, die von einem Isolationskragen 7 umgeben ist. Dazu wird  
zuerst die Ätzkanalschicht 62 bis knapp unter die Oberkante  
der Grabenelektrode 4 abgeätzt und anschließend die Seiten-  
wände des Strap-Kanals 24 mit einem Isolationskragen 7 ver-  
sehen. Der Isolationskragen 7 besteht vorzugsweise aus Sili-  
10 ciumdioxid. In den Isolationskragen 7 wird anschließend die  
elektrisch leitende Strap-Füllung 17 eingebracht. Dieser Ver-  
fahrenszustand ist in Fig. 3N dargestellt.

Daraufhin wird der obere Bereich des Isolationskragens 7 ab-  
15 geätzt und eine Strapkappe 26 aus einem elektrisch leitenden  
Material auf die Strap-Füllung 17 und den Isolationskragen 7  
aufgebracht. Die Strapkappe 26 ist leitend mit der Strap-Fül-  
lung 17 und mit dem Drain-Anschluss 21 verbunden. Dieser Ver-  
fahrensstand ist in Fig. 30 dargestellt.

20 Anschließend wird der noch offene Bereich zwischen der passi-  
ven Wortleitung 27 und der ersten aktiven Wortleitung 28 mit  
einer Zwischenisolation 23 aufgefüllt und die Oberfläche der  
Wortleitungen damit abgedeckt. Dieser Verfahrensstand ist in  
25 Fig. 3P dargestellt. In die Zwischenisolationsschicht 23 wird  
über dem Bitleitungs-Plug 11 ein Verbindungsloch eingeätzt,  
und das Verbindungsloch mit einer leitenden Schicht planar  
aufgefüllt. Auf die zweite Zwischenisolationsschicht 23 wird  
anschließend die Bitleitung 12 aufgebracht. Auf diese Weise  
30 wird ein Speicherbaustein mit Speicherzellen gemäß der Fig. 1  
erhalten.

Fig. 4 zeigt eine weitere Ausführungsform einer Speicherzelle  
in Form einer Sub8F<sup>2</sup>-DRAM-Zelle mit einem Open-Bitline-Layout  
35 mit selbstjustiert angeschlossener, begrabener Grabenkapazi-  
tät mit Niedertemperatur-High-K-Dielektrikum und einer metal-  
lischen Elektrode. Der Aufbau des Grabenkondensators ist im

wesentlichen identisch zu dem Aufbau des Grabenkondensators der Fig. 1. Ein wesentlicher Unterschied besteht darin, dass zwei benachbarte Gräben 2, 34 über zwei Strap-Kontakte 37, 38 elektrisch kontaktiert sind, wobei die Strap-Kontakte 37, 38 nebeneinander angeordnet sind. Fig. 4 zeigt einen Querschnitt durch einen DRAM-Speicher mit einem ersten und einem zweiten Graben 2, 34, die in ein Halbleitersubstrat 1 eingebracht sind. Der erste und der zweite Graben 2, 34 sind jeweils von einer vertikalen Plate-Dotierzone 5 umgeben, die in das Halbleitersubstrat 1 an den Seitenwänden des Grabens 2 eingebracht sind. Weiterhin sind die Seitenwände des ersten und zweiten Grabens 2, 34 mit einem Speicherdielektrikum 3 bedeckt. Auf dem Speicherdielektrikum 3 ist eine Grabenelektrode 4 aufgebracht. Der Innenraum des ersten und des zweiten Grabens 2, 34 ist teilweise als Hohlraum ausgebildet.

Zwischen den einander zugeordneten vertikalen Plate-Dotierzonen 5 des ersten und des zweiten Grabens 2, 34 ist in Form eines Trennsteges 35 das Halbleitersubstrat 1 ausgebildet. Der erste und der zweite Graben 2, 34 sind mit einer Epitaxieschicht 6 bedeckt. Die Epitaxieschicht 6 besteht vorzugsweise aus einer epitaktischen Siliciumschicht. In die Epitaxieschicht 6 ist ein gemeinsamer Verbindungskanal 36 eingebracht, der symmetrisch zum Trennsteg 35 angeordnet ist und jeweils über einem Teil des ersten und des zweiten Grabens 2, 34 angeordnet ist. Der gemeinsame Verbindungskanal 36 wird von einem Isolationskragen 7 umgeben und damit gegenüber der umgebenden Siliciumschicht elektrisch isoliert. Der Isolationskragen 7 besteht beispielsweise aus Siliciumdioxid. Die Epitaxieschicht 6 weist im unteren Bereich eine horizontale Plate-Dotierzone 15 auf, die an den Isolationskragen 7 angrenzt. Im gemeinsamen Verbindungskanal 36 ist symmetrisch eine Zwischenisolation 23 eingebracht, die ausgehend von einem Bereich über einer dritten Wortleitung 43 und der ersten aktiven Wortleitung 28 zwischen der dritten und der ersten Wortleitung 43, 28 nach unten durch den gemeinsamen Verbindungskanal 36 bis zum Trennsteg 35 geführt ist. Die

Zwischenisolation 23 stellt eine Isolationsfüllung dar und führt zu einer Aufteilung des gemeinsamen Verbindungskanals 36 in den ersten und zweiten Strap-Kontakt 37, 38, die von-  
einander elektrisch isoliert sind. Der erste und der zweite  
5 Strap-Kontakt 37, 38 sind jeweils mit einer elektrisch leitenden Strap-Füllung 17 gefüllt. Die Strap-Füllung 17 ist bis zu einem vorgegebenen Abstand zur Oberkante der Epitaxieschicht 6 geführt. Auf der Strap-Füllung 17 des ersten und zweiten Strap-Kontakts 37, 38 ist eine erste und zweite  
10 Strap-Kappe 39, 40 aufgebracht, die etwas über die Obergrenze der Epitaxieschicht 6 hinausragt. Die erste und zweite Strap-Kappe 39, 40 sind aus einem elektrisch leitenden Material, vorzugsweise aus dotiertem Silicium hergestellt. Im Bereich der ersten und zweiten Strap-Kappe 39, 40 weist der Isolationskragen 7 einen vorgegebenen Abstand zur Oberkante der Epitaxieschicht 6 auf. Auf diese Weise wird eine leitende  
15 Verbindung zwischen der ersten bzw. zweiten Strap-Kappe 39, 40 und einem Drain-Gebiet 21 bzw. einem weiteren Drain-Gebiet 41 ausgebildet, die angrenzend an die erste und zweite Strap-Kappe 39, 40 in die Epitaxieschicht 6 eingebracht sind. Das weitere Drain-Gebiet 41 ist angrenzend an die dritte Wortleitung 43 ausgebildet.

An der Unterseite der Strap-Füllungen 17 des ersten und zweiten Strap-Kontakts 37, 38 ist in einem Randbereich angrenzend  
25 an den Isolationskragen 7 die Epitaxieschicht 3 angeordnet. In Richtung der Zwischenisolation 23 grenzen die benachbarten Grabenelektroden 4 an die Strap-Füllungen 17 an. Auf diese Weise ist ein elektrisch leitender Kontakt zwischen der Grabenelektrode 4 im jeweiligen Graben und dem Drain-Gebiet 21 bzw. dem weiteren Drain-Gebiet 41 hergestellt. In der Epitaxieschicht 6 sind im oberen Grenzbereich neben dem Drain-Gebiet und dem weiteren Drain-Gebiet 41 ein Source-Gebiet 22 und ein weiteres Source-Gebiet 42 eingebracht, die  
30 einen vorgegebenen Abstand zu dem Drain-Gebiet 21 und dem weiteren Drain-Gebiet 41 aufweisen. In dem Bereich zwischen dem Drain-Gebiet 21 und dem Source-Gebiet 22 ist eine erste

Wortleitung 28 auf der Epitaxieschicht 6 aufgebracht, die von einer Wortleitungsdeckisolation 19 umgeben ist. Auf der Wortleitungsdeckisolation 19 ist wiederum eine Versiegelungsschicht 20 aufgebracht. Der Drain-Anschluss 21, der Source-Anschluss 22 und die erste Wortleitung 28 bilden den ersten Transistor 18. In einem vorgegebenen Abstand zur ersten Wortleitung 28 ist eine zweite Wortleitung 8 angeordnet, die wiederum mit einer Wortleitungsdeckisolation 19 und einer darauf aufgetragenen Versiegelungsschicht 20 umgeben ist. In dem Bereich zwischen der ersten und der zweiten Wortleitung 28, 8 ist ein Bitleitungs-Plug 11 eingebracht, der ausgehend vom ersten Source-Gebiet 22 durch die dritte Schicht 25 bis zu einer Bitleitung 12 geführt ist. Durch den Bitleitungs-Plug 11 ist eine elektrisch leitende Verbindung zwischen der Bitleitung 12 und dem ersten Source-Gebiet 22 hergestellt.

In dem Bereich zwischen dem weiteren Drain-Gebiet 41 und dem weiteren Source-Gebiet 42 ist auf der Epitaxieschicht 6 die dritte Wortleitung 43 aufgebracht, die von einer Wortleitungsdeckisolation 19 und einer Versiegelungsschicht 20 bedeckt ist. Die dritte Wortleitung 43 stellt zusammen mit dem weiteren Drain-Gebiet 41 und dem weiteren Source-Gebiet 42 einen zweiten Transistor 65 dar. Über dem weiteren Source-Gebiet 42 ist ein zweiter Bitleitungs-Plug 44 angeordnet, der durch die dritte Schicht 25 hindurch bis zu der Bitleitung 12 geführt ist, die auf der dritten Schicht 25 aufgebracht ist. Über den zweiten Bitleitungs-Plug 44 ist eine elektrisch leitende Verbindung zwischen dem weiteren Source-Gebiet 42 und der Bitleitung 12 hergestellt. Der erste und der zweite Bitleitungs-Plug 11, 44 sind durch die Zwischenisolationsschicht 23 elektrisch voneinander isoliert. Die Zwischenisolationsschicht 23 ist auf der Versiegelungsschicht 20, der ersten und der dritten Wortleitung 28, 43 aufgebracht. Die Zwischenisolationsschicht 23 verzweigt sich ausgehend von der Oberkante der Versiegelungsschicht 20 der ersten und der dritten Wortleitung 28, 43 in Richtung auf den Trennsteg 35. Der Zwischenraum zwischen dem verzweigten Bereich der Zwischen-

isolationsschicht 23 und den seitlichen Flächen der Versiegelungsschicht 20 der ersten und der dritten Wortleitung 28, 43 ist durch eine Zwischenschicht ausgefüllt, die eine Strap-Trennmaske darstellt, elektrisch isolierend ausgebildet ist und an der Oberkante der ersten und zweiten Strap-Kappe 39, 40 angrenzt.

Über die Bitleitung 12 kann durch die Ansteuerung der ersten Wortleitung 28 eine elektrisch leitende Verbindung zu dem Grabenkondensator des zweiten Grabens 34 hergestellt werden und die im Grabenkondensator des zweiten Grabens gespeicherte Information ausgelesen werden. Das Auslesen der im Grabenkondensator des zweiten Grabens 34 gespeicherten Information erfolgt über den zweiten Strap-Kontakt 38, das erste Drain-Gebiet 21, das erste Source-Gebiet 22 und den ersten Bit-leitungs-Plug 11. Weiterhin kann durch eine Ansteuerung der dritten Wortleitung 43 die im Grabenkondensator des ersten Grabens 2 gespeicherte Information über den ersten Strap-Kontakt 37, das weitere Drain-Gebiet 41, das weitere Source-Gebiet 42 und den zweiten Bitleitungs-Plug 44 an die Bitleitung 12 ausgelesen werden.

Das Speicherdielektrikum 3 ist nicht nur auf den Seitenwänden des ersten und des zweiten Grabens 2, 34 aufgebracht, sondern auch auf der Unterseite der Epitaxieschicht 6, die den ersten bzw. den zweiten Graben 2, 34 bedeckt. Somit wird eine vergrößerte Fläche zur Abspeicherung von Ladungen bereitgestellt.

Fig. 5 zeigt eine schematische Anordnung des Speicherbausteins der Fig. 4 von oben, wobei in einer gestrichelten Linie die Gräben 2, 34, der Bitleitungs-Plug 11 und eine aktive Zone 45 in Form einer durchgezogenen Linie angedeutet ist. Weiterhin sind in Form von Streifen die erste, die zweite und die dritte Wortleitung 28, 8, 43 dargestellt. Die aktive Zone 45 wird in der Epitaxieschicht unter zwei Wort-



leitungen 27, 8 gebildet, die gemeinsam an einem Source-Gebiet 22 angeschlossen sind.

Fig. 6 zeigt die wichtigsten Prozessschritte zur Herstellung eines Speicherbausteins gemäß der Fig. 4. Die Speicherzellenanordnung wird hergestellt, indem ein mit Siliciumoxid und Siliciumnitrid beschichtetes, P-leitendes Siliciumsubstrat 1 mittels Lithographie- und Ätzverfahren über eine Hartmaske zunächst Gräben 2, 34 geätzt werden. Nach der Maskenentfernung und Reinigung wird eine mit Arsen dotierte Glasschicht 31 auf die Seitenwände der Gräben 2, 34 aufgebracht. Durch einen anschließenden Diffusionsvorgang wird vertikale Plate-Dotierzone 5 in den Seitenwänden der Gräben 2, 34 erzeugt. Anschließend werden die Gräben 2, 34 vollständig mit einer SiO<sub>2</sub>-Schicht als Dummy-Füllung 32 aufgefüllt.

In einer ersten Ausgestaltung des Verfahrens werden die Gräben 2, 34 im oberen Abschnitt durch ein anteilig isotropes Ätzen geringfügig bauchig geätzt, so dass ein negativer Flankenwinkel analog zu Fig. 3B erzeugt wird. Durch die bauchige Form des Grabens 2, 34 wird die Öffnung des Grabens 2, 34 durch die Dummy-Füllung geschlossen, bevor tiefer liegende Abschnitte der Gräben 2, 34 vollständig aufgefüllt sind. Dadurch verbleibt im unteren Bereich der Gräben 2, 34 entlang dessen Symmetrieachse ein ausgedehnter Lunker, d.h. ein Hohlraum. Der Hohlraum erleichtert die spätere restlose Entfernung der Dummy-Füllung wesentlich. Dieser Effekt kann auch durch eine akonforme Abscheidung der Dummy-Füllung, bei der abhängig von der Tiefe des Grabens 2 eine stark abfallende Abscheiderate erzeugt wird, noch verstärkt werden.

In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird anstelle der Dummy-Füllung 32 zunächst eine Siliciumschicht abgeschieden, die Siliciumschicht anschließend bis knapp unter das Niveau der Oberfläche des Siliciumsubstrats 1 planar zurückgeätzt und anschließend eine SiO<sub>2</sub>-Schicht als Dummy-Füllung 32 abgeschieden.

In einem folgenden Verfahrensschritt wird die Dummy-Füllung 32 mit einem planaren Rückätzverfahren bis auf das Niveau der Oberfläche des Siliciumsubstrates 1 zurückgeätzt, anschließend die Siliciumnitrid- und die Siliciumoxidschicht entfernt und eine einkristalline Siliciumschicht als Epitaxieschicht 6 auf die Oberfläche des Siliciumsubstrats 1 und auf die Dummy-Füllung mit homogener Dicke aufgebracht. Dabei wird vorzugsweise das in der Offenlegungsschrift DE 19941148 beschriebene Verfahren zur selektiven epitaptischen Abscheidung eingesetzt.

Anschließend wird mittels Ionenimplantation die horizontale Plate-Dotierzone 15 in die Epitaxieschicht 6 eingebracht. Danach wird eine streifenförmige STI-Feldisolationsschicht 9 hergestellt. Dann wird die erste, zweite und dritte Wortleitung 28, 8, 43 in den Bereichen zwischen den Drain- und Source-Gebieten aufgebracht. Die Wortleitungen werden mit einer Wortleitungsdeckisolation 19 und einer Versiegelungsschicht 20 versehen. Danach wird vorzugsweise entsprechend dem in der Offenlegungsschrift DE 19941148 beschriebenen Verfahren die Dotiergebiete der Transistoren mit dem Drain-Gebiet 21, dem Source-Gebiet 22, dem weiteren Drain-Gebiet 41 und dem weiteren Source-Gebiet 42 hergestellt. Anschließend wird eine erste Isolationsfüllung 10 zwischen die Wortleitungen eingebracht. Die erste Isolationsfüllung 10 wird in den Bereich zwischen den Wortleitungen, die an ein gemeinsames Source-Gebiet 22 angrenzen, entfernt und ein erster bzw. zweiter Bitleitungs-Plug 11, 44 eingebracht. Die Bitleitungs-Plugs 11, 44 werden anschließend bis auf das Niveau der Oberkante der Versiegelungsschicht 20 der Wortleitungen 28, 8, 43 zurückplanarisiert. Innerhalb dieser Prozessschritte erfolgt auch die Ausheilung der Bitleitungskontakte, die eine letzte, wesentliche Hochtemperaturbelastung des Gesamtprozesses darstellt.

Anschließend wird eine Strap-Trennmaske 46 aufgebracht, die als Kontaktfenster den Bereich zwischen der ersten und dritten Wortleitung 28, 43 freihält. Dieser Prozessstatus ist in Fig. 6A dargestellt. In diesem Prozessstatus sind das Drain-  
5 Gebiet 21 und das weitere Drain-Gebiet 41 noch zusammenhängend ausgebildet.

Beim folgenden Verfahrensschritt wird die Isolationsfüllung 10 vollständig durch ein Ätzverfahren entfernt. Dieser Verfahrenszustand ist in Fig. 6B dargestellt. Anschließend wird  
10 über einen Ätzvorgang der zwischen der ersten und der dritten Wortleitung 28, 43 angeordnete Bereich über den Dotierzonen 21, 41 und die darunter liegende Epitaxieschicht 6 abgeätzt. Weiterhin wird ein Teil eines zwischen dem ersten und zweiten  
15 Grabens 2, 34 angeordneten Trennsteges 35, der durch einen Teil des Substrates 1 gebildet ist, und die angrenzenden vertikalen Plate-Dotierzonen 5 abgeätzt. Auf diese Weise ist ein Strap-Kanal 24 zu den Dummy-Füllungen 32 des ersten und des  
20 zweiten Grabens 2, 34 hergestellt. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 6C dargestellt.

Anschließend werden die Wände des Strap-Kanals 24 durch eine Ätzkanalschutzschicht 62 aus Nitrid abgedeckt. Im Bereich der Zwischenfüllung wird die Ätzkanalschutzschicht 62 durch ein  
25 anisotropes, selektives Plasmaätzverfahren wieder entfernt. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 6D dargestellt. Dann wird die Dummy-Füllung 32 und die Glasschicht 31 mittels eines isotropen Ätzverfahrens aus dem ersten und dem zweiten Graben 2, 34 restlos entfernt. Dabei wird der Bereich zwischen den  
30 Wortleitungen temporär als versiegelter Ätzkanal in vorteilhafter Weise ausgenutzt. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 6E dargestellt. Bei diesem Prozessschritt sind alle sonst auf dem Speicherbaustein freiliegenden Oberflächen gegen die Ätzlösung, die zum Herauslösen der Dummy-Füllung verwendet wird,  
35 resistent ausgebildet oder durch eine Versiegelungsschicht abgedeckt.

Nach dem Reinigen der Innenwände des ersten und des zweiten Grabens 2, 34 erfolgt eine vorzugsweise konforme Abscheidung des Speicherdielektrikums 3. Auf das Speicherdielektrikum 3 wird die Grabenelektrode 4 aufgebracht. Vorzugsweise werden  
5 das Speicherdielektrikum 3 und die Grabenelektrode 4 mit einem Atomic Layer Deposition-Verfahren (ALD) aufgebracht. Dabei wird der Strap-Kanal 24 und die Oberfläche des Speicherbausteins mit dem Speicherdielektrikum 3 von der Grabenelektroden-  
elektrodenschicht 4 bedeckt. Dieser Verfahrensstand ist in  
10 Fig. 6F dargestellt.

Anschließend wird durch ein selektives Rückätzverfahren die Grabenelektroden-  
elektrodenschicht 4 bis kurz über die Oberkante des ersten und des zweiten Grabens 2, 34 zurückgeätzt. Daraufhin  
15 wird die zurückgeätzte Grabenelektroden-  
elektrodenschicht 4 als Ätzmaske verwendet, um mit einem isotropen Ätzverfahren freiliegende Bereiche des Speicherdielektrikums 3 und der Ätzkanalschutz-  
schicht 62 zu entfernen. Dieser Verfahrensstand ist in Fig.  
6G dargestellt.

20 In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens erfolgt die selektive Rückätzung der Grabenelektroden-  
elektrodenschicht 4 bis kurz unter die Oberkante des ersten und zweiten Grabens 2, 34. Auf diese Weise werden der Hohlraum des ersten und des  
25 zweiten Grabens 2, 34 wieder geöffnet. Anschließend erfolgt die Abscheidung einer weiteren Grabenelektroden-  
elektrodenschicht 4, so dass die Dicke der resultierenden Grabenelektroden-  
elektrodenschicht 4 im ersten und zweiten Graben 2, 34 in vorteilhafter Weise erhöht wird. Dieser Prozesszyklus von Abscheidung und Rück-  
30 ätzung der Grabenelektroden-  
elektrodenschicht 4 kann bei Bedarf mehrfach durchgeführt werden, wobei die zuletzt abgeschiedene Graben-  
elektroden-  
elektrodenschicht 4 wieder bis kurz über die Oberkante des ersten und zweiten Grabens 2, 34 zurückgeätzt wird.

35 In einem weiteren Verfahrensschritt wird im Bereich der Deck-  
schicht 6 im Strap-Kanal 24 der Isolationskragen 7 einge-  
bracht und anschließend der Isolationskragen 7 mit einer

leitfähigen Strap-Füllung 17 aufgefüllt. Anschließend wird die Strap-Füllung 17 ein vorgegebenes Stück zurückgeätzt. Danach wird der Isolationskragen 7 im oberen Bereich zurückgeätzt, wobei die zurückgeätzte Strap-Füllung 17 als Ätzmaske dient. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 6H dargestellt.

Anschließend wird eine Strap-Kappe 26 auf den Isolationskragen 7 und die Strap-Füllung 17 aufgebracht. Die Strap-Kappe 26 ist bis zu einem vorgegebenen Abstand über die Obergrenze der Deckschicht 6 aufgefüllt und besteht aus einem elektrisch leitenden Material. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 6I dargestellt.

In einem weiteren Prozessschritt wird eine Strap-Trennmaske 46 in den Strap-Kanal 24 eingebracht, die die Seitenwände der Versiegelungsschichten 20 der ersten und dritten Wortleitung 28, 43 bedeckt. Die Strap-Trennmaske 46 wird vorzugsweise aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$  gebildet und definiert einen Ätzkanal 49, der bis zur Strap-Kappe 26 geführt ist. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 6J dargestellt.

Anschließend wird in einem Ätzprozess der Ätzkanal 49 durch die Strap-Kappe 26, die Strap-Füllung 17, die Grabenelektrode 4, das Speicherdielektrikum 3 bis in das obere Ende des Trennsteges 35 und in die seitlich angrenzenden vertikalen Plate-Dotierzonen 5 weiter eingeätzt. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 6K dargestellt.

Anschließend wird die Zwischenisolationsschicht 23 in den Ätzkanal 49 eingebracht und auf diese Weise der erste und zweite Strap-Kontakt 37, 38 geschaffen. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 6L dargestellt. Die weiteren Prozessschritte zur Herstellung des Bitleitungskontaktes, zur Aufbringung der Bitleitung 12 und folgender Metallisierungsebenen zur Komplettierung des Speicherbausteins erfolgt in der üblich bekannten Art und Weise, wie in der Fig. 3 beschrieben.

Fig. 7 zeigt ein Verfahren zur Herstellung einer dritten Ausführungsform einer Speicherzellenanordnung. Die dritte Ausführungsform weist eine Speicherzellenanordnung mit einem vertikalen, zweifachen Gate-Anschluss auf. Die Speicherzellenanordnung wird hergestellt, indem ein P-leitendes Siliciumsubstrat 1 mit einer Siliciumdioxid- und Siliciumnitridschicht als Ätzmaske bedeckt wird. Mittels eines Lithographieverfahrens und eines Ätzverfahrens wird über eine Hartmaske zunächst ein Graben 2 aus dem Siliciumsubstrat 1 herausgeätzt. Anschließend wird die Hartmaske entfernt und der Graben 2 wird einem Reinigungsverfahren unterzogen. Daraufhin werden die Wände des Grabens 2 mit einer Arsen-dotierten Glasschicht 31 lokal bedeckt. Durch einen anschließenden Diffusionsprozess wird im unteren Bereich des Grabens 2 eine vertikale Plate-Dotierzone 5 eingebracht. Nach Entfernung der Maskenschichten und Reinigung des Grabens 2 wird der Graben 2 mit einer Dummy-Füllung 32 aufgefüllt. Die Dummy-Füllung 32 besteht beispielsweise aus einer Siliciumdioxid- und/oder einer Siliciumschicht.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird der Graben 2 im unteren Abschnitt durch ein anteilig isotropes Ätzverfahren geringfügig bauchig geätzt, so dass ein negativer Flankenwinkel erzeugt wird. Auf diese Weise nimmt der Querschnitt der Öffnung des Grabens 2 nach oben hin ab, so dass die Öffnung des Grabens 2 beim Auffüllen des Grabens 2 mit der Dummy-Füllung 32 geschlossen wird, bevor tiefer liegende Bereiche des Grabens 2 vollständig mit der Dummy-Füllung 32 verfüllt sind. Dadurch bleibt im unteren Abschnitt des Grabens 2 entlang dessen Symmetrieachse ein ausgedehnter Lunker, d.h. ein Hohlraum, der die spätere restlose Wiederauslösung der Dummy-Füllung 50 wesentlich erleichtert. Die Dummy-Füllung 50 ist in der Weise ausgebildet, dass ein einfaches und vollständiges Auslösen über ein Ätzverfahren möglich ist.

In einem folgenden Prozessschritt wird die Dummy-Füllung 32 bis in den oberen Teil des Grabens 2 planar zurückgeätzt. Anschließend werden die freigelegten Bereiche der Oxidschicht, die an den Seitenwänden des Grabens 2 ausgebildet ist, entfernt. Daraufhin wird mittels einer konventionellen Prozessführung durch mehrfache Schichtabscheideprozesse und Rückätzprozesse im oberen Bereich des Grabens 2 ein Isolationskragen 7 eingebracht. Der Isolationskragen 7 wird vorzugsweise aus Siliciumdioxid oder Siliciumnitrid gebildet. Anschließend wird eine erste Strap-Dotierzone 67 an gegenüberliegenden Seiten des Grabens 2 ausgebildet.

Nach Entfernung der Hilfsschichten liegt die Oberkante des Isolationskragens 7 sowie die Innenwand des Grabens 2 frei und wird mit einer dünnen Siliciumdioxidschicht belegt. Daraufhin wird mittels eines anisotropen Schichtabscheideverfahrens eine erste Isolationsplatte 55 ausgebildet. Die dünne Oxidschicht auf der Innenwand des Grabens 2 wird daraufhin wieder entfernt und eine Gate-Oxidschicht auf der Innenwand des Grabens 2 ausgebildet. Dann wird der offene, obere Bereich des Grabens 2 mit einer Gate-Schicht 51 verfüllt und bis auf die Siliciumnitridschicht 53 planarisiert. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 7A dargestellt.

In einem weiteren Prozessschritt wird eine horizontale Plate-Dotierzone 15 und eine Feldisolationsschicht 9 mittels konventioneller Prozessschritte ausgebildet. Anschließend wird die Gate-Schicht 51 bis unter die Oberfläche des Substrates 1 zurückgeätzt. Dann werden die freiliegenden Seitenflächen des Siliciumsubstrates 1 dotiert und eine dritte und vierte Dotierzone 69, 70 hergestellt, die zwei Source-Gebiete darstellen. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 7B dargestellt. Die erste und dritte Dotierzone und die zugeordnete Gate-Schicht 51 bilden einen Transistor. Ebenso bilden die zweite und vierte Dotierzone und das zugeordnete Dual-Gate 51 einen weiteren Transistor.

Im Anschluss daran wird an den freiliegenden Seitenflächen des Siliciumnitrids 53 ein Spacer 54 aus einem isolierenden Material ausgebildet. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 7C dargestellt.

5

In einem weiteren Prozessschritt wird die Gate-Schicht 51 unter Verwendung der Spacer 54 als Ätzmaske anisotrop strukturiert und bis auf die erste Isolationsplatte 55 abgeätzt. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 7D dargestellt. Daraufhin werden die vertikalen Flächen der verbliebenen Dualschicht 51 mit einer Siliciumoxidschicht 56 überzogen. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 7E dargestellt.

10

In einem folgenden Schritt wird die erste Isolationsplatte 55 mit einem anisotropen Ätzverfahren bis auf die Dummy-Füllung 50 durchtrennt. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 7F dargestellt.

15

Der offene Graben 2 mit den Spacern 54, den vertikalen Siliciumdioxidschichten 56 und den vertikalen Flanken der ersten Isolationsplatte 55 bilden eine versiegelte Ätzöffnung 57. Durch die Ätzöffnung 57 wird die Dummy-Füllung 50 restlos aus dem Graben 2 herausgelöst. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 7G dargestellt.

20

25

Bei diesem Prozessschritt sind alle sonst auf dem Speicherbaustein offenliegenden Oberflächen gegen die Ätzlösung, die zum Herauslösen der Dummy-Füllung 50 verwendet wird, hinreichend resistent ausgebildet oder durch eine entsprechende Versiegelungsschicht abgedeckt.

30

Nach Reinigung der Innenwand des Grabens 2 erfolgt die konforme Abscheidung des Speicherdielektrikums 3 und einer Grabenelektrode 4. Vorzugsweise werden das Speicherdielektrikum 3 und die Grabenelektrode 4 mit einem Atomic Layer Deposition-Verfahren (ALD) abgeschieden. Für die Ausbildung der Grabenelektrode wird wie in den vorhergehenden Ausführungs-

35



formen ein metallisches Material verwendet. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 7H dargestellt.

Anschließend wird die Grabenelektrode 4 selektiv bis unter  
5 die Oberkante des Isolationskragens 7 zurückgeätzt. Daraufhin wird die zurückgeätzte Grabenelektrode 4 als Ätzmaske für ein isotropes Entfernen des freiliegenden Speicherdielektrikums 3 verwendet. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 7J dargestellt.

10 Anschließend werden die freien Oberflächen mit einer Schutzschicht 71 aus Nitrid überzogen und die Strap-Füllung 17 wird abgeschieden. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 7K dargestellt.

15 Anschließend wird die Strap-Füllung 17 planar zurückgeätzt bis auf ein Niveau, das knapp oberhalb der ersten Isolationsplatte 55 angeordnet ist. Dann wird eine zweite Isolationsplatte 58 auf der Strap-Füllung ausgebildet. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 7L dargestellt.

20 Anschließend wird die zweite Schutzschicht 71 von der Oberfläche des Grabens 2 entfernt. In einem weiteren Verfahrensschritt wird die Siliciumoxidschicht 56 von der Gate-Schicht 51 entfernt. Anschließend wird eine Wortleitung 8 abgeschie-  
25 den und strukturiert. Dieser Verfahrensstand ist in Fig. 7M dargestellt. Die weitere Prozessierung der Bitleitungskontakte, der Bitleitungs- und folgenden Metallisierungsebenen bis zur Komplettierung des Speicherbausteins erfolgt in konventioneller Art und Weise.

30 Die Ausbildung des Speicherdielektrikums 3 und der Grabenelektrode 4 in den Ausführungsbeispielen der Figuren 4, 5, 6, 7 sind entsprechend dem Ausführungsbeispiel der Figur 1 zu wählen.

35 Aufgrund der beschriebenen Verfahren können die Grabenkondensatoren mit einer Grabenfüllung versehen werden, die die bei

der Herstellung der Transistoren verwendeten Temperaturen nicht ohne Minderung ihrer Materialparameter überstehen.

## Patentansprüche

1. Speicherbaustein mit einem Substrat (1), in das Speicherzellen eingebracht sind,  
5 wobei die Speicherzellen einen Grabenkondensator (2) und einen Transistor aufweisen,  
wobei der Grabenkondensator wenigstens teilweise eine Füllung (3, 4) aufweist, und  
wobei der Transistor (22, 21, 28) einen Source-, Drain- (21, 22) und einen Gate-Anschluss (28) aufweist,  
10 wobei der Drainanschluss (21) elektrisch leitend mit dem Grabenkondensator (3, 4) verbunden ist,  
wobei abhängig von einer Ansteuerung des Gate-Anschlusses (28) der Source-Anschluss (22) leitend mit der Füllung (3, 4)  
15 verbindbar ist,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Füllung (3, 4) wenigstens teilweise ein Material aufweist, das bei hohen Temperaturen, insbesondere bei Temperaturen von über 800°C, instabil ist.  
20
2. Speicherbaustein nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Füllung (3, 4) wenigstens teilweise ein metallisches Material aufweist.
- 25 3. Speicherbaustein nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Füllung (3, 4) wenigstens teilweise ein dielektrisches Material mit einer großen Dielektrizitätskonstanten aufweist.
- 30 4. Speicherbaustein nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Wandung des Grabens (2) wenigstens teilweise mit einer dielektrischen Schicht (3) bedeckt ist,  
dass auf der dielektrischen Schicht (3) wenigstens teilweise  
35 eine metallische Schicht (4) aufgebracht ist,

dass die metallische Schicht (4) elektrisch über eine Strapfüllung (17) leitend mit dem Drain-Anschluss (21) des Transistors verbunden ist.

5. Speicherbaustein nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
5 dadurch gekennzeichnet, dass angrenzend an den Graben (2) in dem Substrat (1) eine elektrisch leitende Schicht (5) ausgebildet ist.

6. Speicherbaustein nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
10 dadurch gekennzeichnet,  
dass der Graben von einer Epitaxieschicht (6) abgedeckt ist,  
dass in der Epitaxieschicht (6) eine Öffnung eingebracht ist,  
dass durch die Öffnung eine leitende Verbindung zwischen der Füllung (3, 4) und dem Drain-Anschluss (21) ausgebildet ist,  
15 dass auf der Seite der Epitaxieschicht (6), die dem Graben (2) zugewandt ist, eine dielektrische Schicht (3) wenigstens teilweise aufgebracht ist.

7. Verfahren zum Herstellen einer Speicherzelle mit einem  
20 Grabenkondensator mit folgenden Verfahrensschritten:  
Einbringen eines Grabens (2) in ein Substrat (1);  
Auffüllen des Grabens (2) wenigstens teilweise mit einer Dummy-Füllung (32);  
Aufbringen einer Deckschicht (6) auf das Substrat (1), die  
25 vorzugsweise als Epitaxieschicht ausgebildet ist;  
Einbringen eines Transistors (21, 22) in die Deckschicht (6);  
Entfernen der Dummy-Füllung (32) aus dem Graben (2);  
Einbringen eines Speicherdielektrikums (3) und einer Grabenelektrode (4) in den Graben (2), wobei ein Grabenkondensator  
30 erstellt wird und  
Ausbilden eines Anschlusses der Grabenelektrode (4) an einen Anschluss (21) des Transistors.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet,  
35 dass ein Kanal (24, 57) in die Deckschicht (6) bis zur Dummy-Füllung (32) geätzt wird,

- dass über den Kanal (24, 47, 57) die Dummy-Füllung (32) herausgeätzt wird,
- dass eine dielektrische Schicht (3) wenigstens teilweise auf die Wandung des Grabens (2) aufgebracht wird,
- 5 . dass auf die dielektrische Schicht (3) eine leitende Schicht (4) aufgebracht wird,
- dass die leitende Schicht (4) elektrisch leitend mit einem Anschluss (21) des Transistors verbunden wird.
- 10 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet,
- dass nach dem Ätzen des Kanals (47, 57) die Seitenwände des Kanals (47, 57) mit einer Schutzschicht (62, 71), vorzugsweise aus Nitrid, bedeckt werden,
- 15 dass anschließend die Dummy-Füllung (32) aus dem Graben (2, 3) herausgeätzt wird.



FIG 2

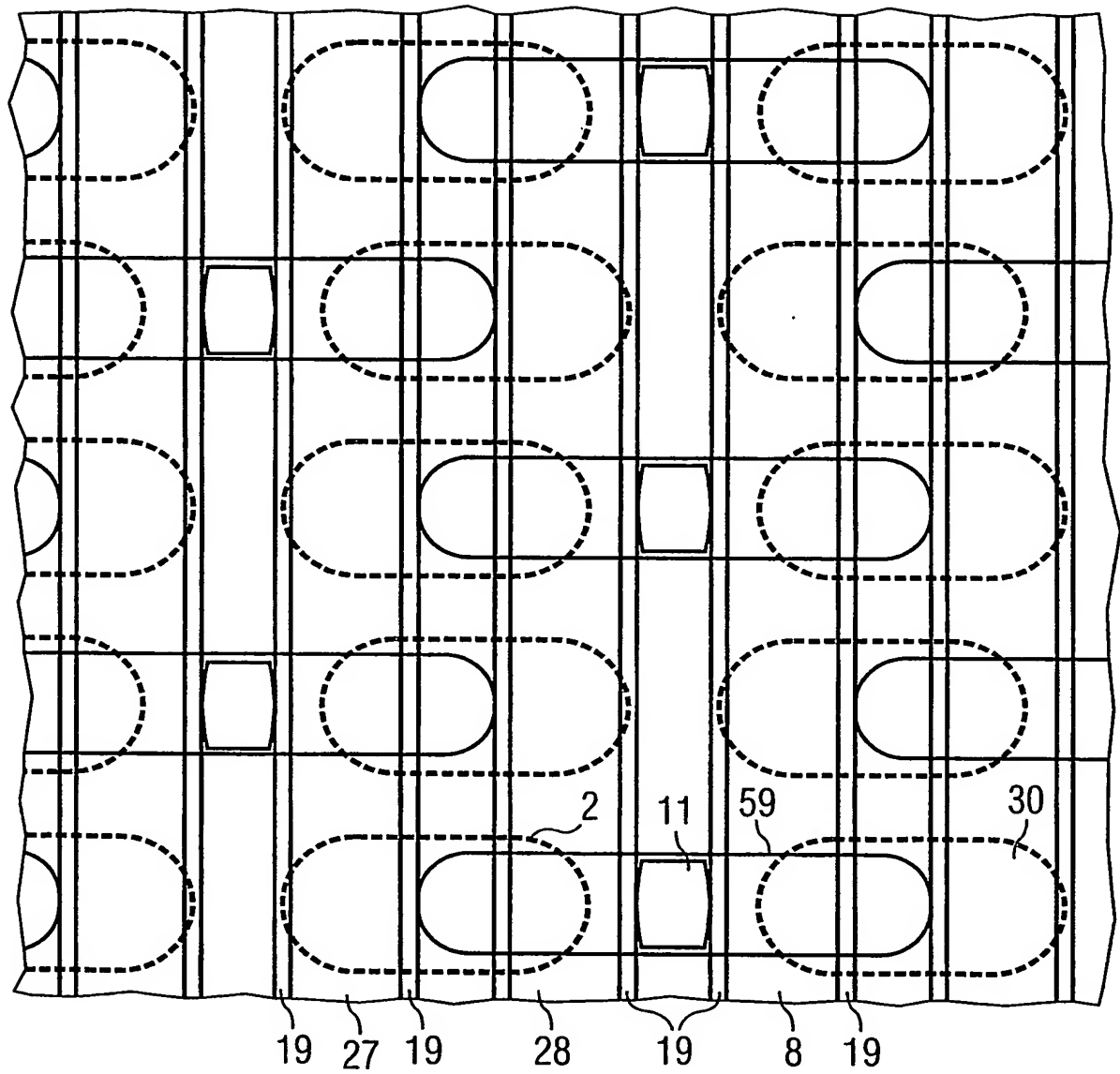


FIG 3A

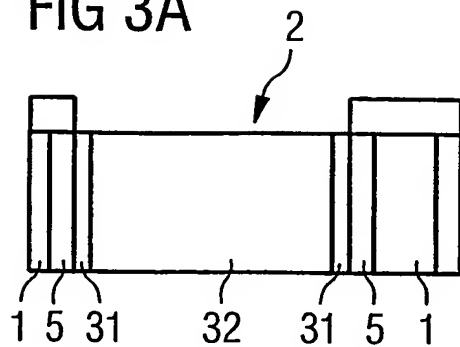


FIG 3B

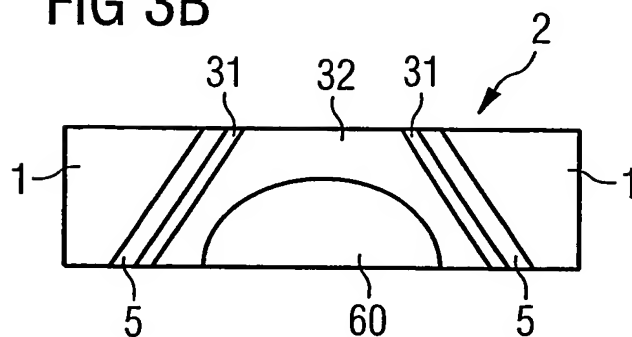


FIG 3C

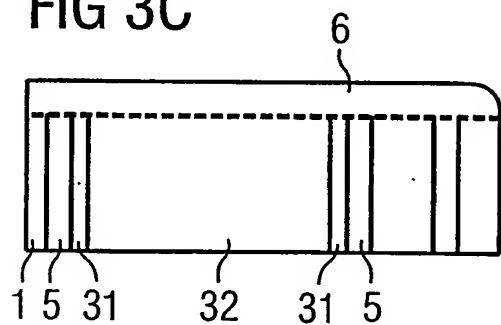


FIG 3D

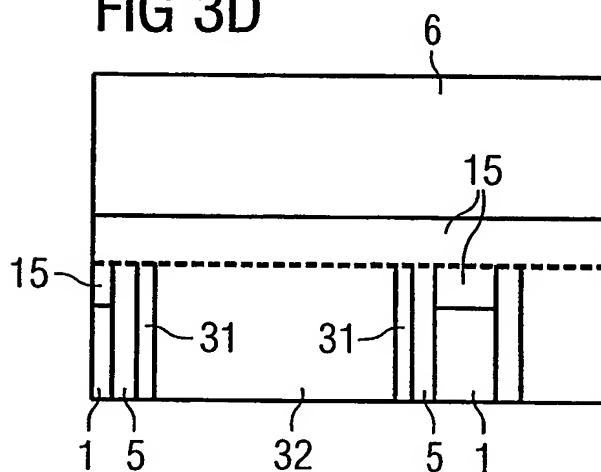


FIG 3E

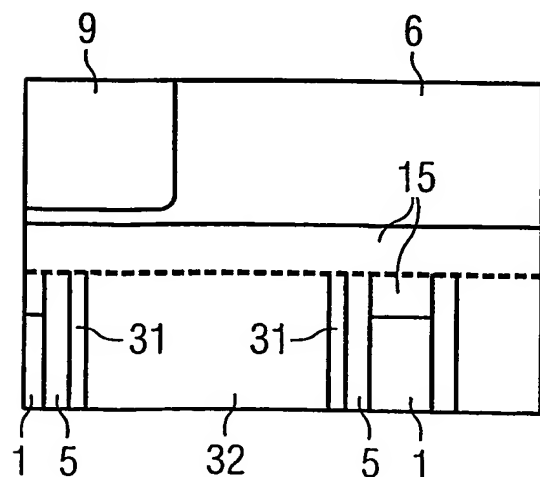


FIG 3F

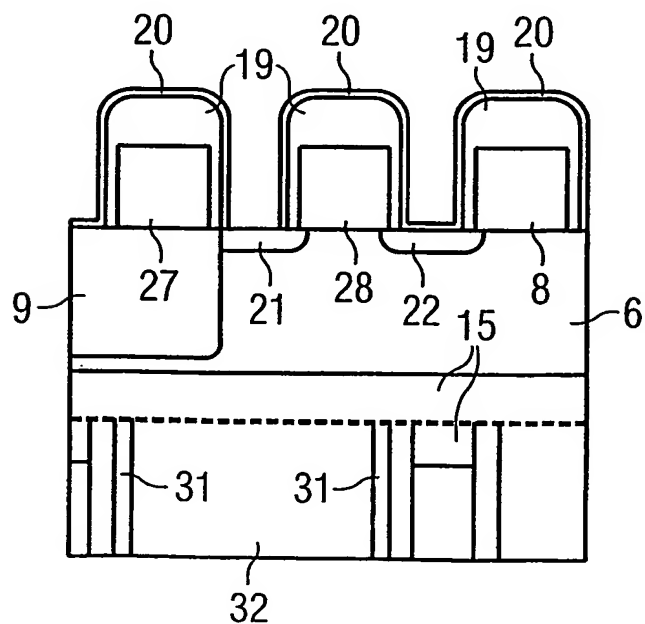




FIG 3G

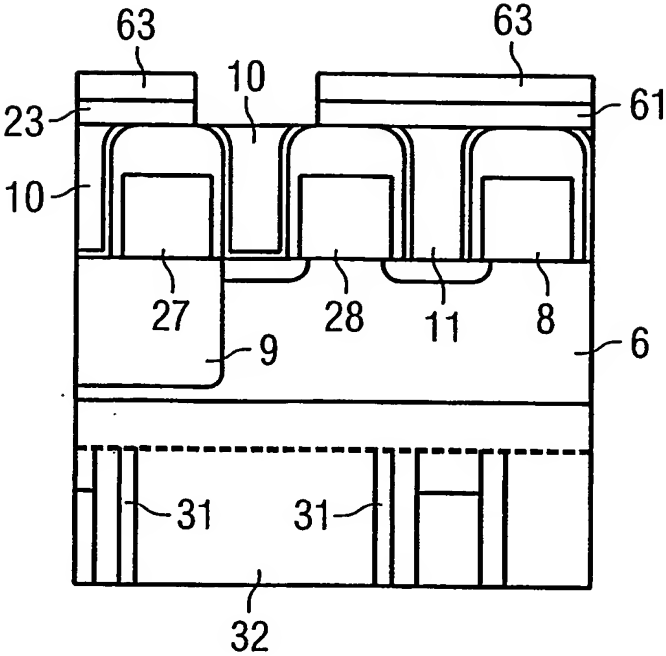


FIG 3H

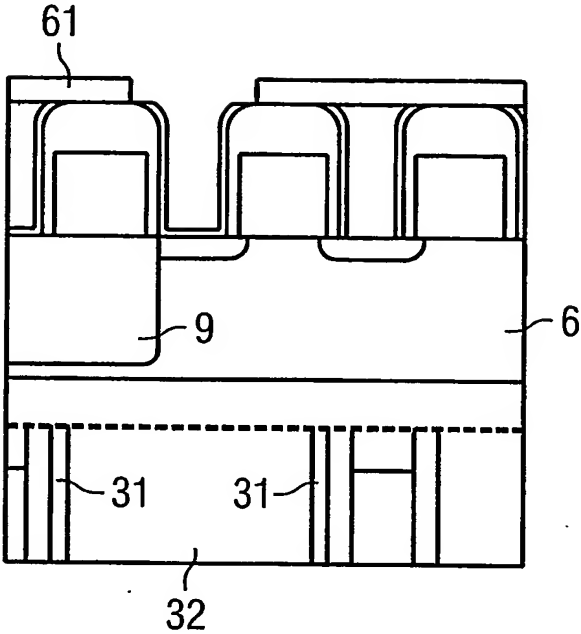


FIG 3I

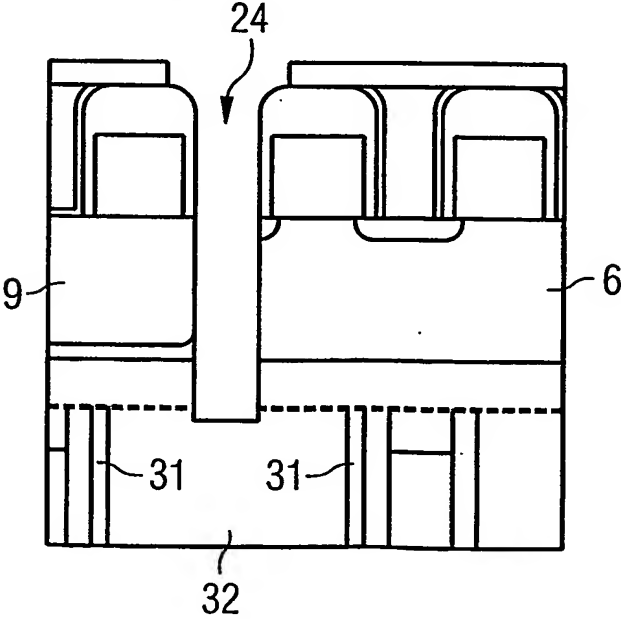


FIG 3J

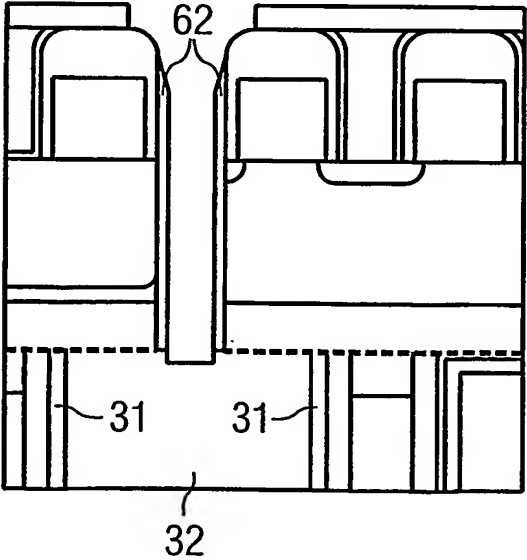


FIG 3K

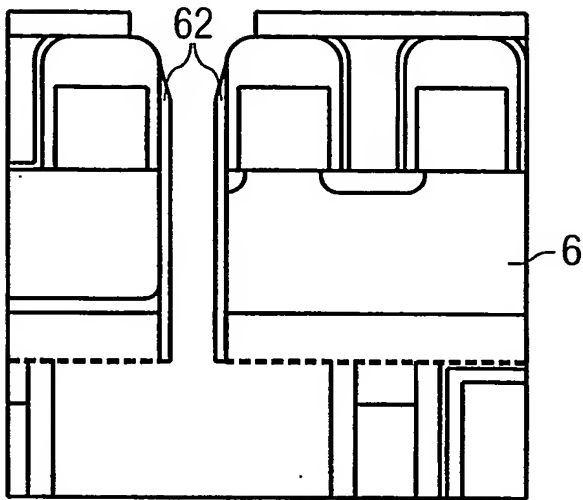


FIG 3L

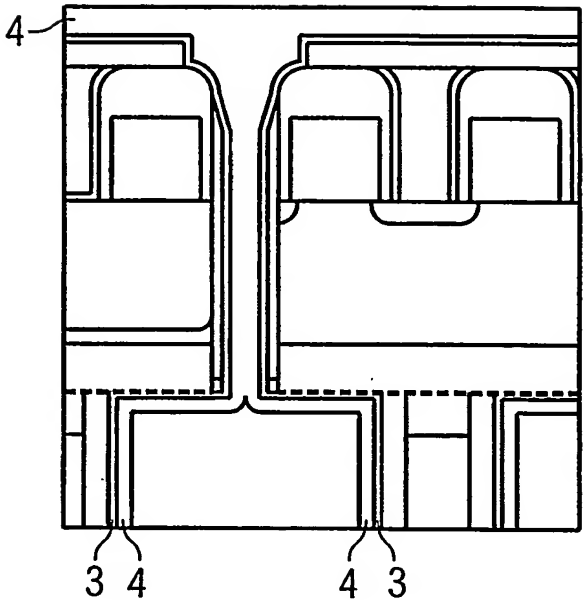


FIG 3M

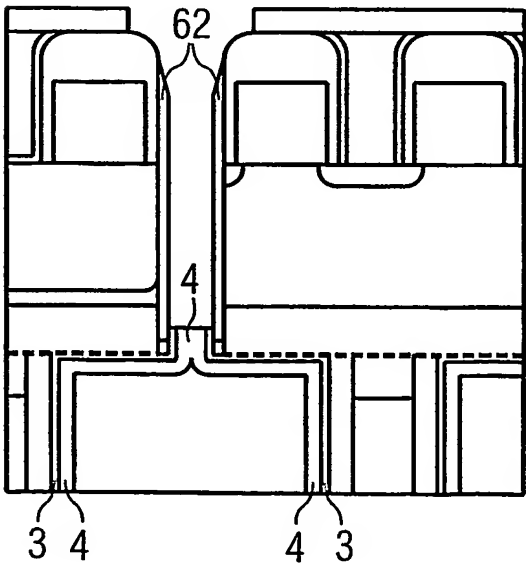


FIG 3N

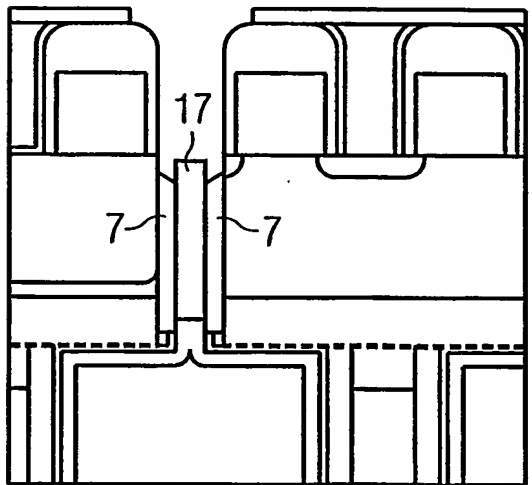


FIG 30

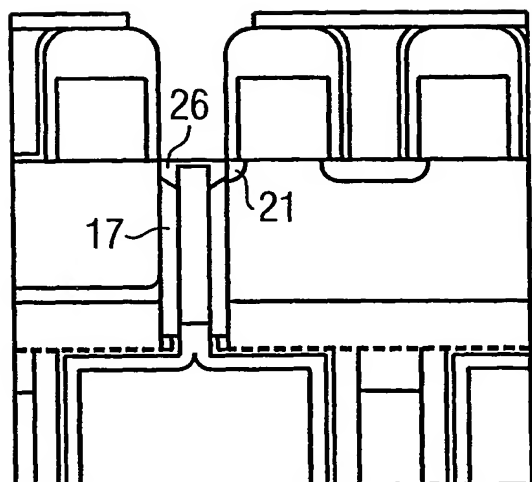


FIG 3P

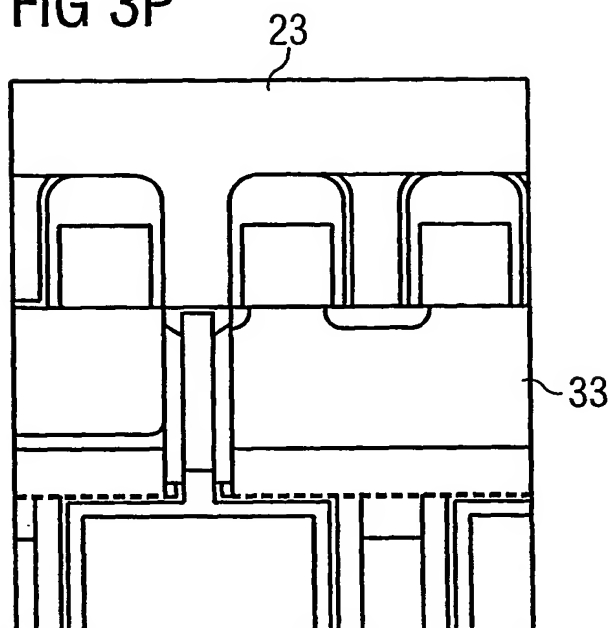




FIG 5

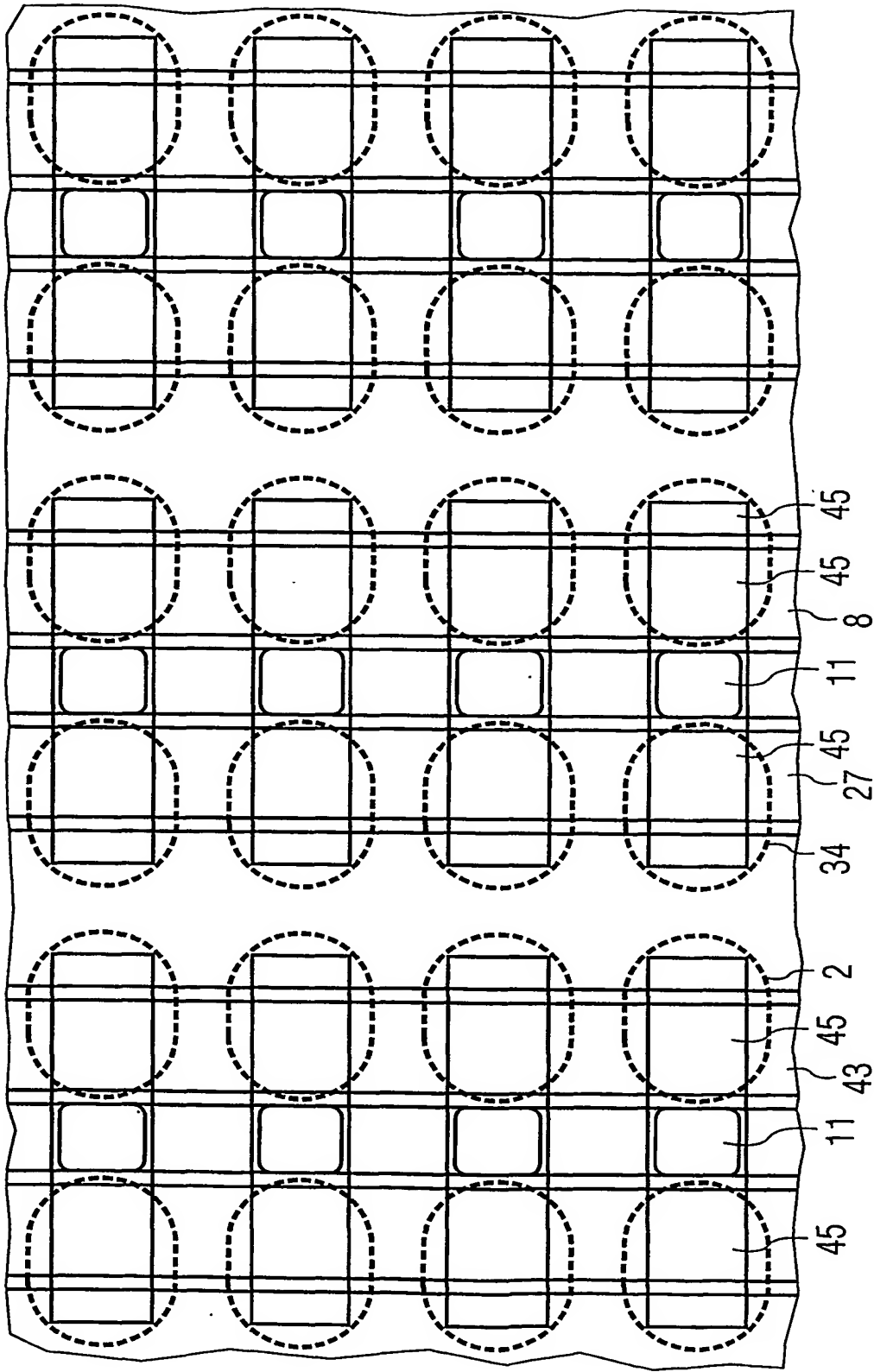
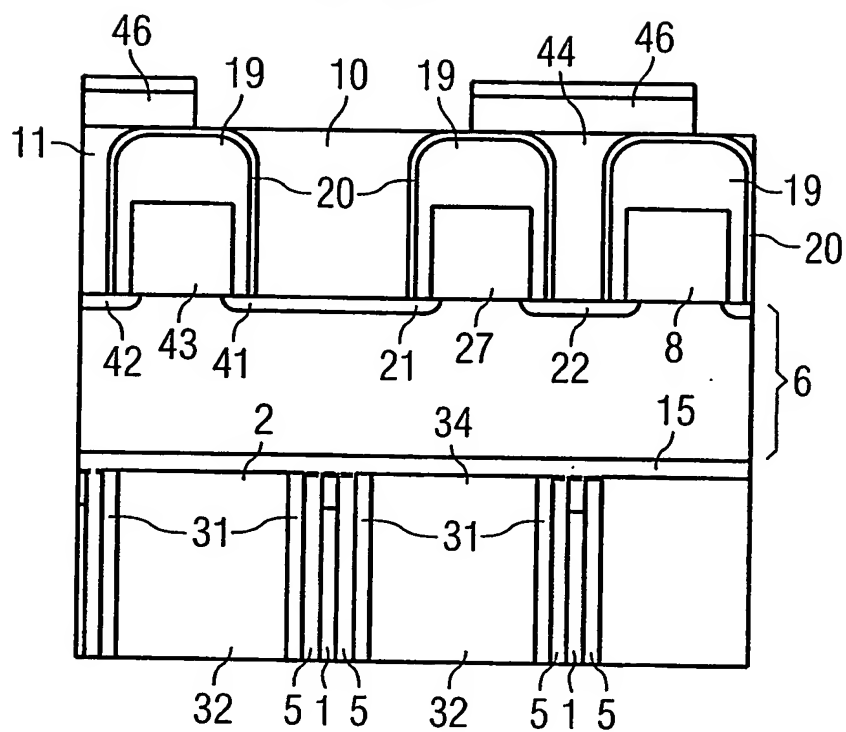


FIG 6A



**FIG 6B**

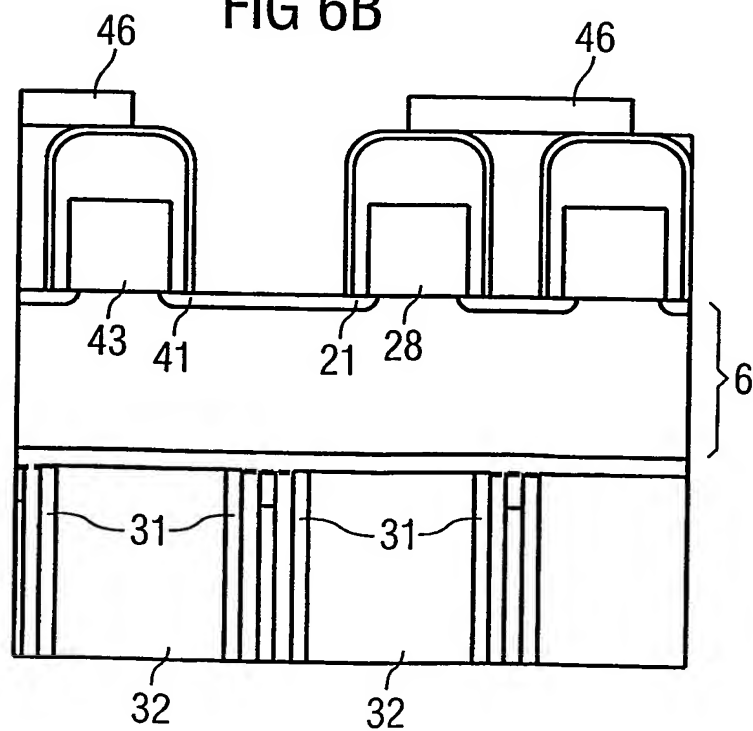


FIG 6C

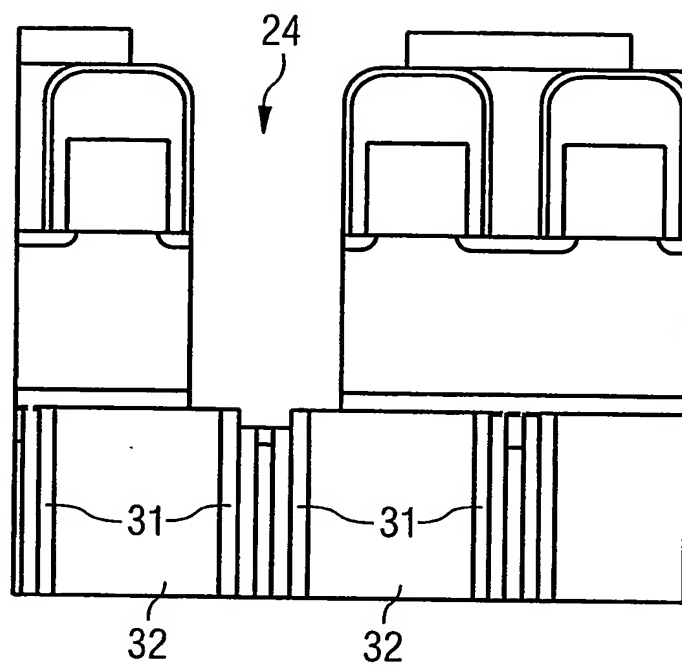


FIG 6D

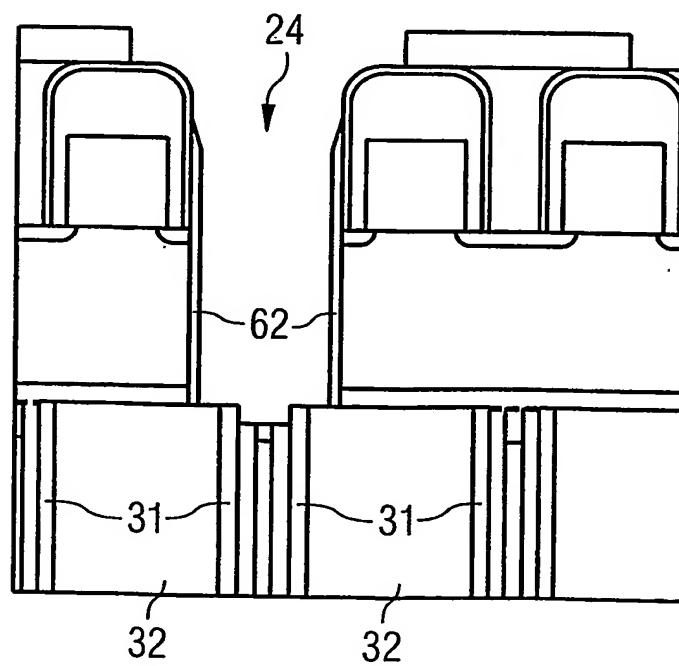


FIG 6E

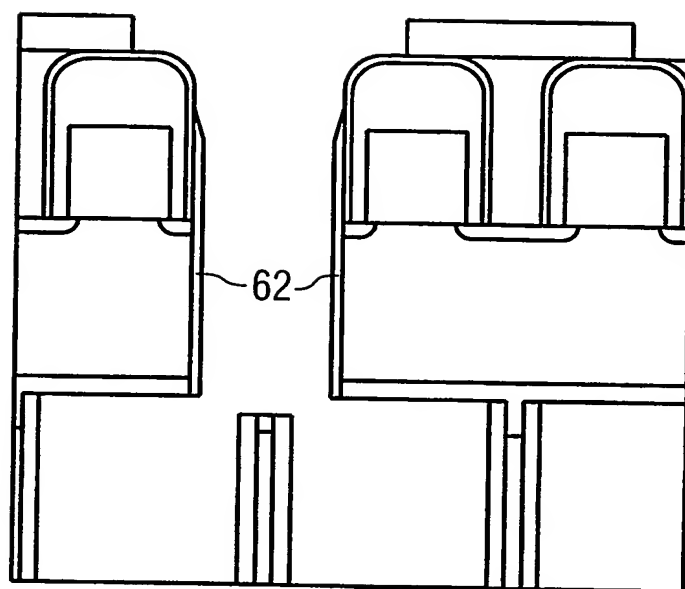


FIG 6F

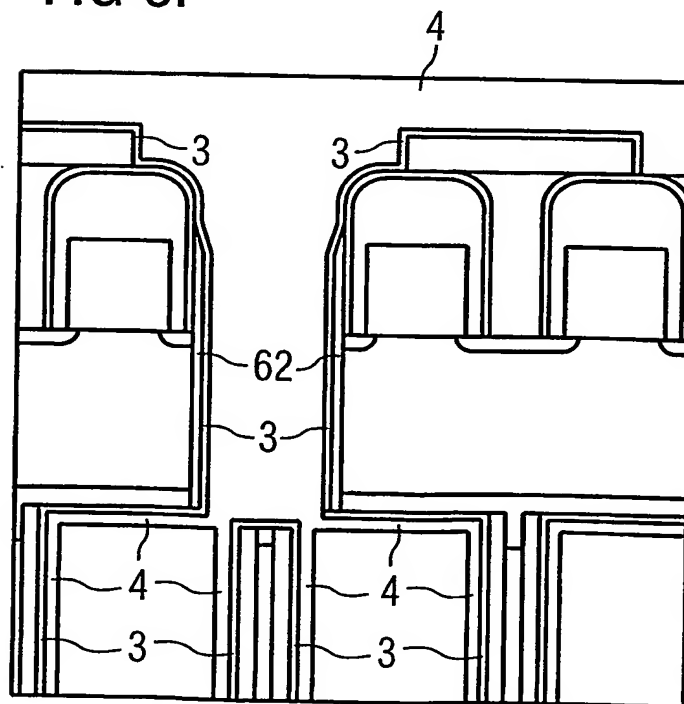




FIG 6G

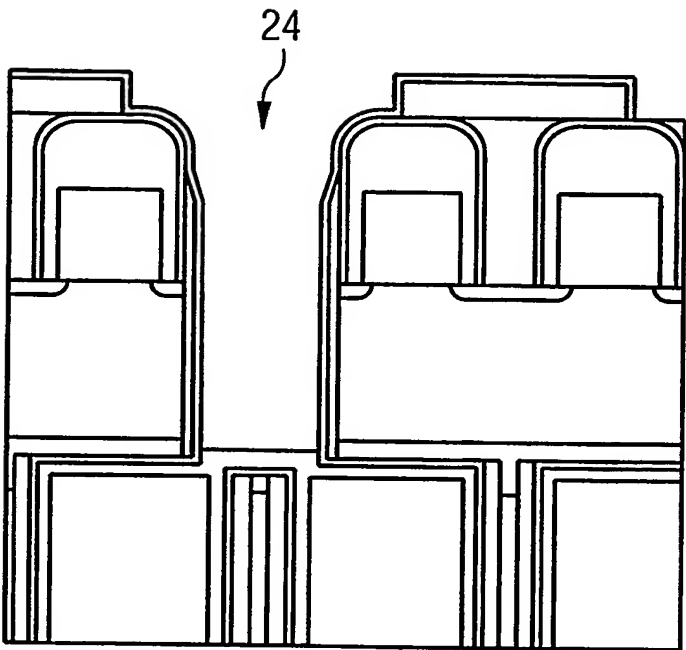


FIG 6H

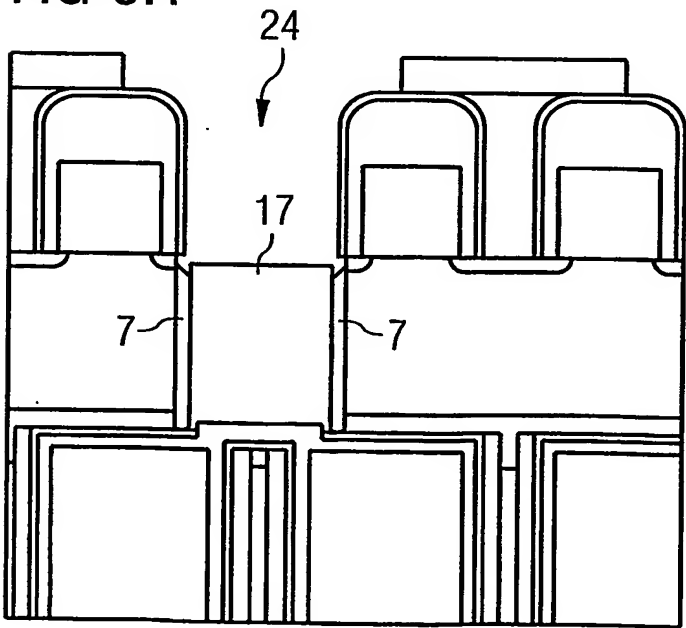


FIG 6I

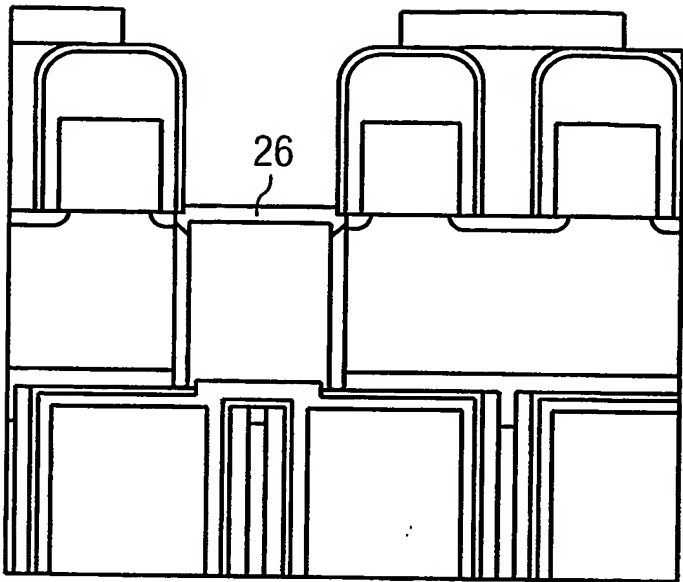


FIG 6J

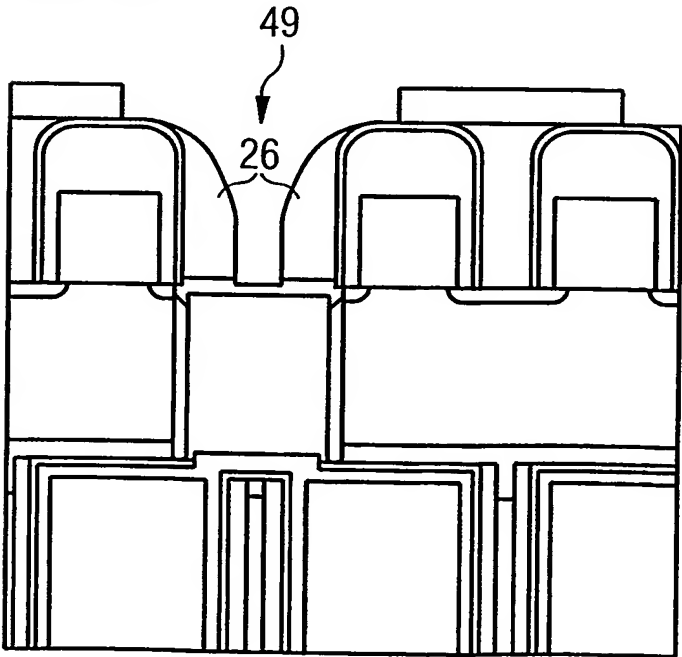


FIG 6K

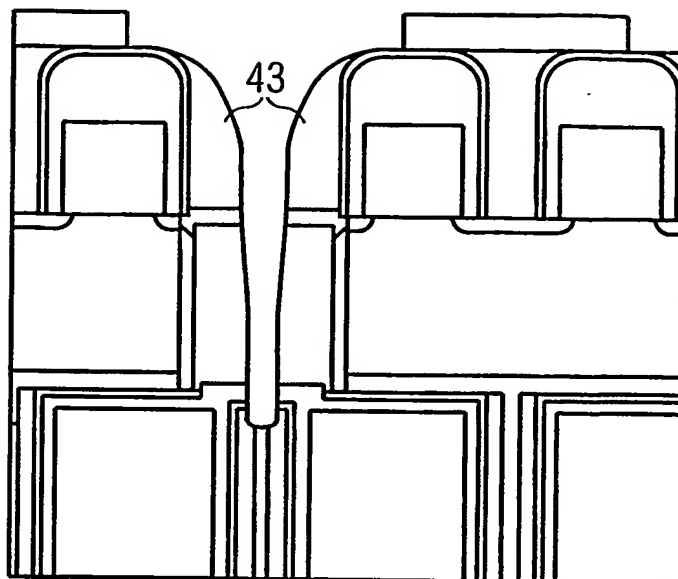


FIG 6L

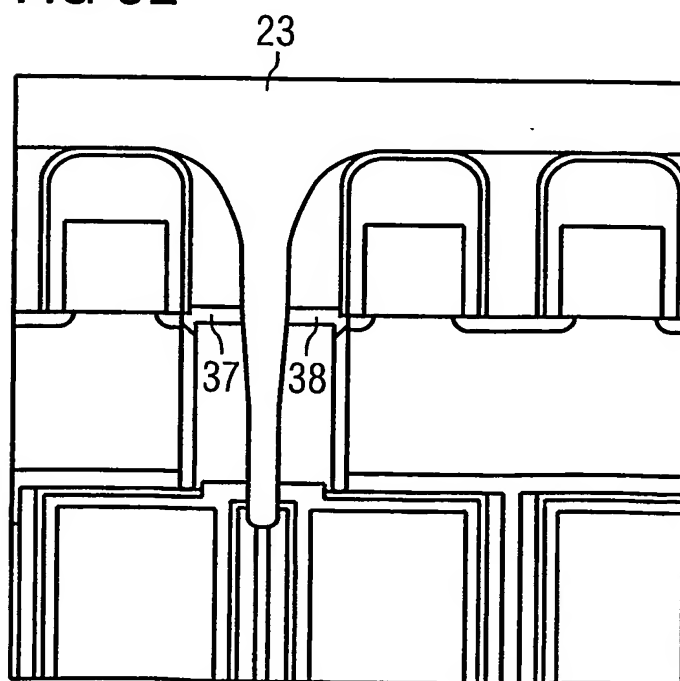


FIG 7A

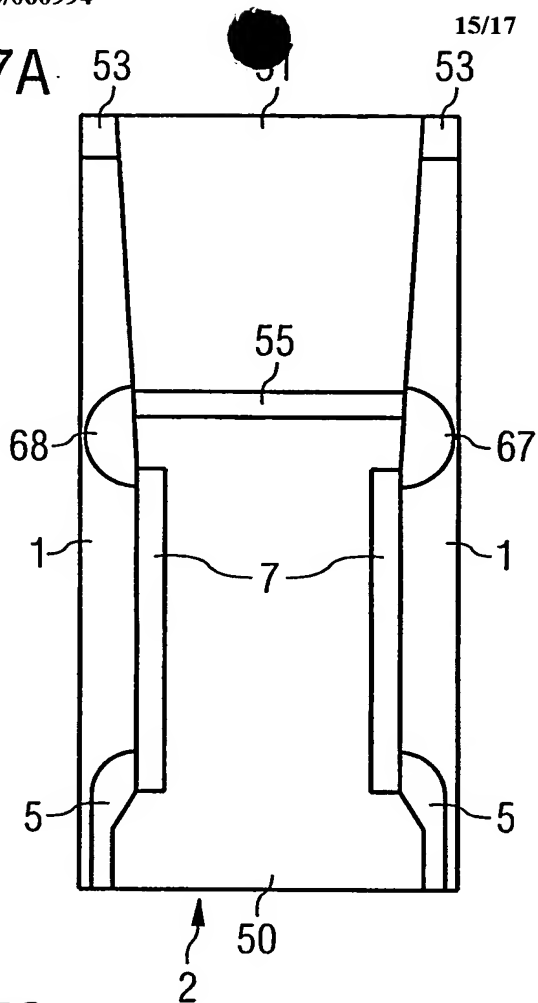


FIG 7B

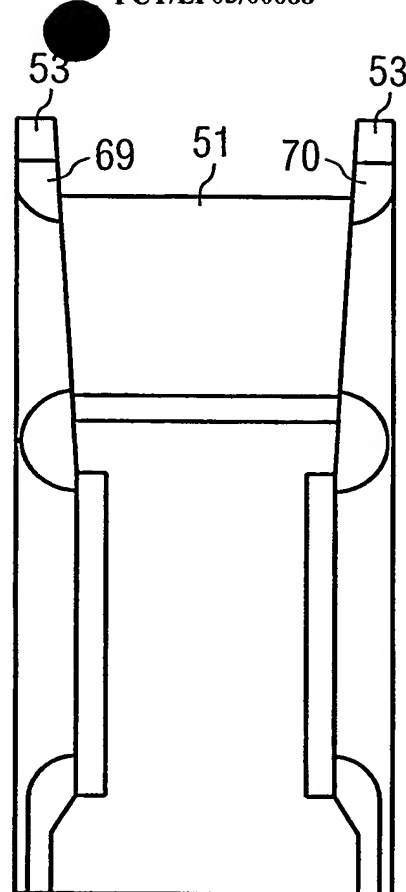


FIG 7C

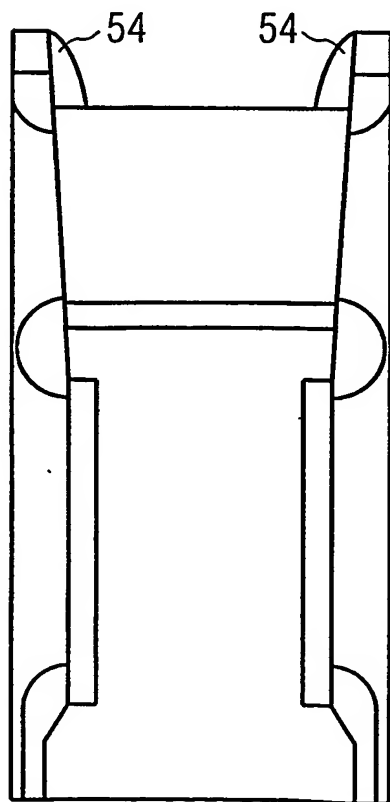


FIG 7D

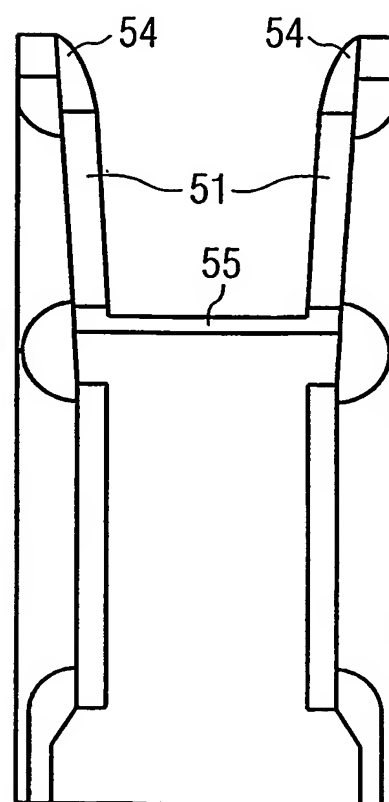


FIG 7E

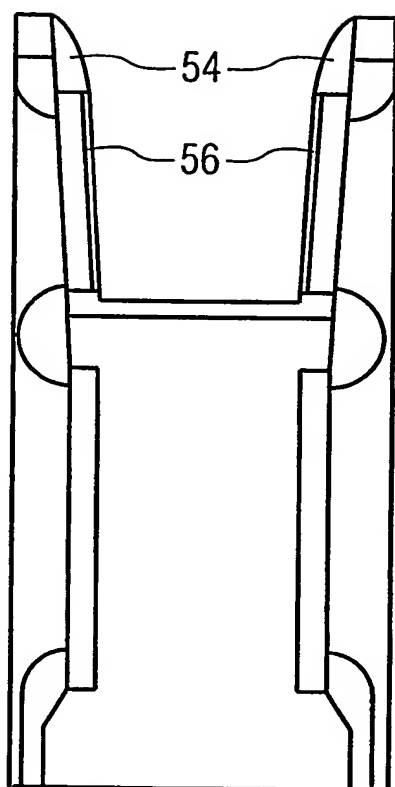


FIG 7F

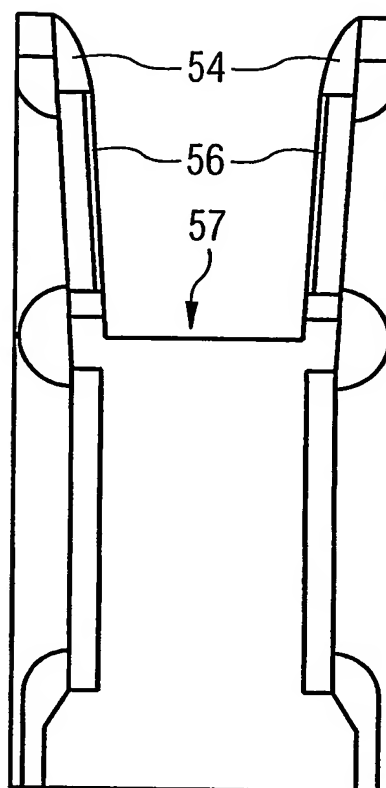


FIG 7G

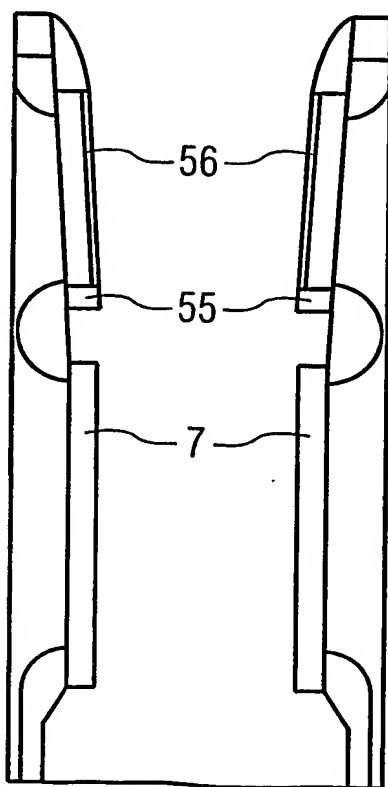


FIG 7H

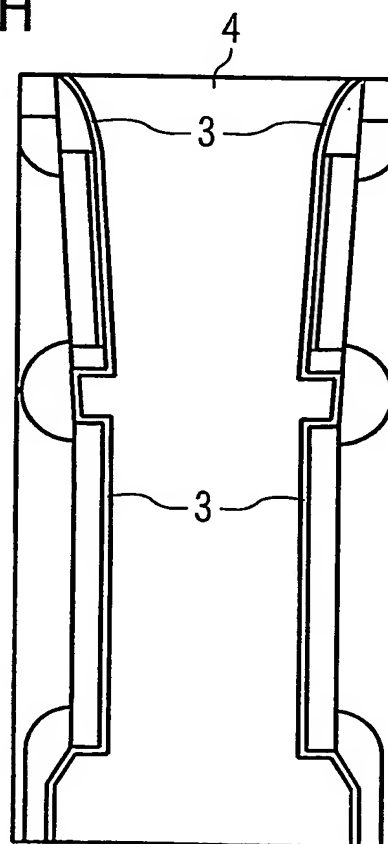


FIG 7I

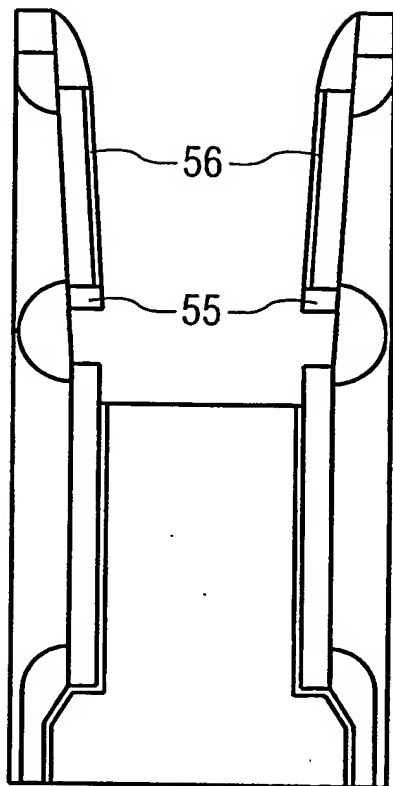


FIG 7K

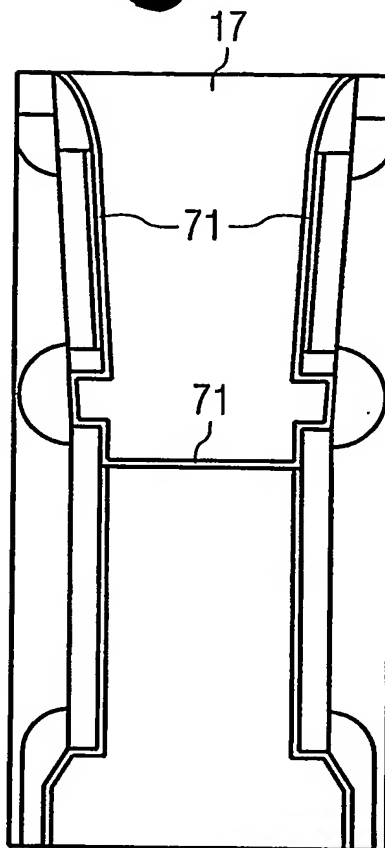


FIG 7L

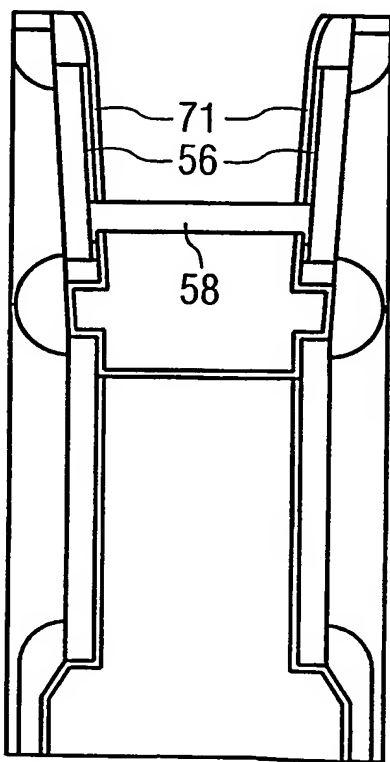
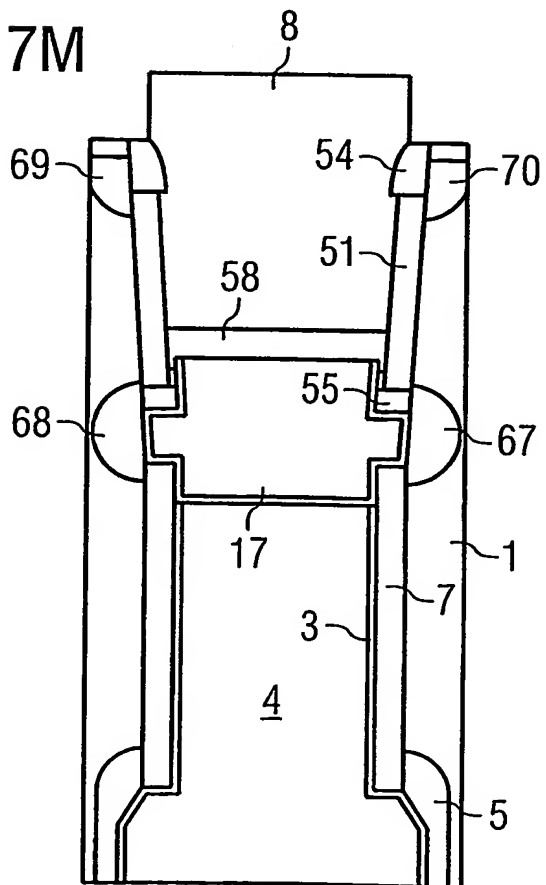


FIG 7M



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP 03/00088

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H01L21/8242

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 442 585 A (EGUCHI KAZUHIRO ET AL) 15 August 1995 (1995-08-15)	1-5
Y	column 14, line 59 -column 15, line 38; figure 11	6
X	EP 0 987 765 A (IBM) 22 March 2000 (2000-03-22) column 9, line 29 -column 10, line 24; figures	1-5
X	WO 01 17014 A (SCHUMANN DIRK ;SELL BERNHARD (DE); WILLER JOSEF (DE); INFINEON TEC) 8 March 2001 (2001-03-08) page 7, paragraph 8 - paragraph 11; figures	1-5
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 June 2003

Date of mailing of the international search report

25/06/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Sinemus, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP 03/00088

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 199 41 148 A (INFINEON TECHNOLOGIES AG) 19 April 2001 (2001-04-19) the whole document ---	6-9
Y	US 6 258 660 B1 (ROBINSON KARL M ET AL) 10 July 2001 (2001-07-10) the whole document ---	7-9
A	DE 199 29 859 A (SIEMENS AG) 6 April 2000 (2000-04-06) abstract; figures -----	7-9



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP 03/00088

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5442585	A	15-08-1995	NONE	
EP 0987765	A	22-03-2000	US 6222218 B1 EP 0987765 A2 JP 2000091525 A US 2001039087 A1	24-04-2001 22-03-2000 31-03-2000 08-11-2001
WO 0117014	A	08-03-2001	WO 0117014 A1 TW 463369 B	08-03-2001 11-11-2001
DE 19941148	A	19-04-2001	DE 19941148 A1 WO 0117019 A2 JP 2003508915 T TW 459386 B US 2002137278 A1	19-04-2001 08-03-2001 04-03-2003 11-10-2001 26-09-2002
US 6258660	B1	10-07-2001	US 6476435 B1 US 2001046751 A1	05-11-2002 29-11-2001
DE 19929859	A	06-04-2000	US 6319787 B1 DE 19929859 A1	20-11-2001 06-04-2000

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/EP. 03/00088

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGESTANDES  
IPK 7 H01L21/8242

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 442 585 A (EGUCHI KAZUHIRO ET AL) 15. August 1995 (1995-08-15)	1-5
Y	Spalte 14, Zeile 59 - Spalte 15, Zeile 38; Abbildung 11	6
X	EP 0 987 765 A (IBM) 22. März 2000 (2000-03-22)	1-5
	Spalte 9, Zeile 29 - Spalte 10, Zeile 24; Abbildungen	
X	WO 01 17014 A (SCHUMANN DIRK ; SELL BERNHARD (DE); WILLER JOSEF (DE); INFINEON TEC) 8. März 2001 (2001-03-08)	1-5
	Seite 7, Absatz 8 - Absatz 11; Abbildungen	
Y	DE 199 41 148 A (INFINEON TECHNOLOGIES AG) 19. April 2001 (2001-04-19)	6-9
	das ganze Dokument	
	--- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. Juni 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25/06/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Sinemus, M

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/EP 03/00088

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGEKÜNDIGTE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 6 258 660 B1 (ROBINSON KARL M ET AL) 10. Juli 2001 (2001-07-10) das ganze Dokument ----	7-9
A	DE 199 29 859 A (SIEMENS AG) 6. April 2000 (2000-04-06) Zusammenfassung; Abbildungen -----	7-9

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5442585	A	15-08-1995	KEINE	
EP 0987765	A	22-03-2000	US 6222218 B1	24-04-2001
			EP 0987765 A2	22-03-2000
			JP 2000091525 A	31-03-2000
			US 2001039087 A1	08-11-2001
WO 0117014	A	08-03-2001	WO 0117014 A1	08-03-2001
			TW 463369 B	11-11-2001
DE 19941148	A	19-04-2001	DE 19941148 A1	19-04-2001
			WO 0117019 A2	08-03-2001
			JP 2003508915 T	04-03-2003
			TW 459386 B	11-10-2001
			US 2002137278 A1	26-09-2002
US 6258660	B1	10-07-2001	US 6476435 B1	05-11-2002
			US 2001046751 A1	29-11-2001
DE 19929859	A	06-04-2000	US 6319787 B1	20-11-2001
			DE 19929859 A1	06-04-2000